

Technická univerzita v Liberci

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B 2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Informatika a logistika

Vytvoření softwaru určující odhad střední doby do extrémních vodních srážek a
povodní na území České republiky

Create software determining estimation of mean time to extreme rain-falls and floods in
Czech republic

Bakalářská práce

Autor: **Tomáš Horký**
Vedoucí práce: Ing. Josef Chudoba, Ph.D.

Datum odevzdání: 21. 5. 2010

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 21. května 2010

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při zpracování bakalářské práce pomáhali. V první řadě děkuji vedoucímu práce Ing. Josefu Chudobovi, Ph.D. za jeho čas, ochotu, pomoc a odborné vedení. Samozřejmě děkuji za podporu nejbližší rodině a přátelům.

Tato bakalářská práce byla zrealizována díky finanční podpoře projektu MŠMT. Výzkumná centra číslo 1M0554 s názvem „Pokročilé sanační technologie a procesy“.

Abstrakt

V rámci této bakalářské práce je zhotoven software určující střední dobu do extrémních vodních srážek a povodní na území ČR. V současné době je k dispozici velké množství informací, které z důvodu doporučeného rozsahu nemohly být popsány a podrobně uvedeny. Pro tuto práci a zároveň pro návrh softwarového modelu byly proto použity jen ty nejzákladnější, obecně známé vstupní parametry. Stručně jmenujme úhrny dešťových srážek na území České republiky, informace o aktuálních stavech hladin a průtoků vybraných vodních toků v České republice a historické údaje o extrémních jevech. Tyto údaje a další podobné byly použity pro software, který ve výstupu určuje míru rizika výskytu povodně v uživatelem zvolené oblasti. Výstup softwaru pak může pomoci při výběru vhodné lokality pro vybudování nové průmyslové stavby apod. Jedná se o model, který lze do budoucna rozšiřovat a zároveň zpřesňovat pro danou lokální oblast.

Klíčová slova: povodeň, riziko povodně, srážky, průtok, výška hladiny, chemický průmysl.

Abstract

As a part of this work is made software by determining a mean time to extreme rainfalls and floods in the Czech republic. There is currently available large amounts of information, which because of the recommended range can not be described and detailed. For this work and for a software design proposal of model were used only the most basic well-known input parameters. Briefly mention the rainfall totals in the territory of the Czech republic, information on current levels of stock and flows of selected water streams in the Czech republic and historical data of similar extreme phenomena. These and other similar data were used for the software that determines the output level of risk of flooding in the area chosen by the user. The output of the software can help in selecting of suitable locations for new industrial buildings, etc. It is a model which can extend in the future and can also refined for the local area.

Keywords: flood, risk of flood, rainfalls, flow, water level, chemical industry.

Obsah

Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Abstract	5
1 Úvod	10
2 Rešerše.....	11
3 Vstupní údaje do modelu.....	12
3.1 Vstupní údaje založené na množství dešťových srážek	12
3.1.1 Srážky při povodních v srpnu roku 2002.....	12
3.1.2 Srážky při červencových povodních v roce 1997.....	17
3.1.3 Srážky během jarní povodně v roce 2006	20
3.1.4 Srážky přívalových povodní v červnu a červenci 2009	21
3.2 Údaje založené na výškách hladiny řek a jejich průtoků při povodních	26
3.2.1 Průtoky a výšky hladin řek při povodních v srpnu 2002	26
3.2.2 Průtoky a výšky hladin řek při přívalových povodních v červnu a červenci 2009	28
3.2.3 Průtoky a výšky hladin řek při jarní povodni v roce 2006.....	31
3.3 Online sledování výšky hladin, průtoků vodních toků a měřených vodních srážek	33
3.3.1 Sledování výšky hladin a průtoků měřených vodních toků	33
3.3.2 Sledování spadlých vodních srážek měřené vybranými stanicemi	34
3.4 Plánování v oblasti vod, interaktivní mapa.....	36
4 Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch	38
4.1 Popis a stručná historie analýzy	38
4.2 Cíle a možnosti použití analýzy	38
4.3 Omezení a nedostatky metody FMECA	39
4.4 Vstupní informace potřebné pro analýzu.....	39
4.5 Postup provádění analýzy	41
4.6 Dokumentace metody FMECA.....	41
5 Popis vybraných oblastí.....	43
5.1 Velvěty u Teplic, firma Lybar, a.s.	43
5.1.1 Poloha areálu firmy Lybar ve Velvětech	43

5.1.2	Nejnižší místo areálu firmy ve vztahu k hladině řeky Bílina.....	43
5.1.3	Produkce firmy	44
5.2	Ústí nad Labem, Spolchemie, a.s.....	45
5.2.1	Poloha areálu firmy Spolchemie v Ústí nad Labem	45
5.2.2	Nejnižší místo areálu firmy ve vztahu k hladině řeky Bíliny, Labe a Klíšského potoka.....	46
5.2.3	Produkce firmy	47
5.3	Ústí nad Labem, STZ, a.s.	48
5.3.1	Poloha firmy STZ v Ústí nad Labem.....	48
5.3.2	Nejnižší místo areálu firmy ve vztahu k hladině řeky Labe.....	49
5.3.3	Produkce firmy	49
6	Softwarový model	52
6.1	Vznik modelovacího softwaru, stručný popis softwaru	52
6.2	Podrobnější popis modelovacího softwaru.....	53
6.2.1	1. dílčí riziko – průměrný roční úhrn srážek na daném území	54
6.2.2	2. dílčí riziko – úhrn srážek v dané oblasti při povodni 6. – 15. srpna 2002.....	54
6.2.3	3. dílčí riziko – úhrn srážek v dané oblasti při povodni 4. – 8. července 1997.....	55
6.2.4	4. dílčí riziko – modelová situace, výška objektu od hladiny řeky	56
6.2.5	5. dílčí model – průtok řeky Labe v Děčíně v m^3/s v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt	57
6.2.6	6. dílčí model – průtok řeky Vltavy v Praze v m^3/s v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt	58
6.2.7	7. dílčí model – perioda výskytu povodně na daném území	59
6.2.8	8. dílčí model – druh zeminy v podloží okolí vodního toku	60
6.2.9	9. dílčí riziko – neoficiální údaje o výskytu povodně.....	60
6.2.10	Oblast výpočtu celkového rizika	61
6.3	Aplikace vybraných oblastí z kapitoly 5 na model	62
6.3.1	Aplikace areálu firmy Lybar na model	63
6.3.2	Aplikace areálu firmy Spolchemie na model	64
6.3.3	Aplikace areálu firmy STZ na model	66
7	Závěr	68
	Zdroje informací.....	69

Seznam obrázků

Obr. 1 - Mapa úhrnů srážek na území ČR za období od 6. do 15. srpna 2002 [1]	13
Obr. 2 - Mapa procentního poměru úhrnu srážek za období 6. - 15. srpna 2002 k normálu za měsíc srpen (normálové období 1961-1990) [1].....	14
Obr. 3 (vlevo) - Denní úhrny srážek (mm) pro stanice, které měly alespoň v jednom dni v období 6. - 15. srpna 2002 nejvyšší denní úhrn srážek v ČR (prázdná políčka neměřeno) [1].....	15
Obr. 4 (vpravo) - Dvoudenní úhrny srážek (mm) pro stanice, které měly v období 6. - 15. srpna 2002 alespoň jednou nejvyšší úhrn (prázdná políčka neměřeno, datum označuje první den intervalu) [1].....	15
Obr. 5 - Kumulativní úhrny srážek dle ombrografů pro vybrané stanice s typickým průběhem v období 6. - 16. srpna 2002 (středoevropský čas) [1].....	17
Obr. 6 - Měsíční úhrn srážek (mm) v červenci roku 1997 [1]	18
Obr. 7 - Pětidenní úhrn srážek (mm) v období 4. - 8. července 1997 [1]	19
Obr. 8 - Denní srážkové úhrny (mm) ze dne 28. března 2006, den s maximálním denním úhrnem během jarních povodní [1]	20
Obr. 9 - Stanice s denními úhrny srážek ze srážkoměrů (07 - 07 h SEČ následujícího dne) [1]	22
Obr. 10 - Doba opakování kulminačního průtoku ve vybraných vodoměrných stanicích pro rok 2009 [1]	30
Obr. 11 - Online sledování stavů a průtoků na vodních tocích [5].....	34
Obr. 12 - Online sledování srážek z vybraných srážkoměrných stanic [5].....	35
Obr. 13 – Plánování v oblasti povrchových vod, ukázka mapy, testovací režim [5]	36
Obr. 14 - Ukázka parametrů opatření u vybraného plánování v oblasti povrchových vod [5]	37
Obr. 15 - Příklad užití metody FMECA, elektromotor chlazený vodou [13]	42
Obr. 16 - Řeka Bílina lemující areál chemičky Lybar ve Velvětech (fialová barva)	43
Obr. 17 – Modrou elipsou vyznačený zatopený areál Spolchemie při extrémních povodních v roce 2002 (fialová barva) [4]	45
Obr. 18 - Červeně stoletá voda řeky Labe, zeleně oblast dosahu řeky při extrémních povodních v roce 2002, černá elipsa znázorňuje Spolchemii [6]	47
Obr. 19 - Červeně stoletá voda řeky Labe, žlutě hranice řeky při extrémních povodních v roce 2002, modře areál firmy STZ [6].....	48

Obr. 20 - Evidenční list hlásného profilu řeky Bíliny, Trmice [2]	51
Obr. 21 - Ukázka použití softwaru pro výpočet rizika výskytu povodně	62
Obr. 22 - Aplikace softwaru na areál firmy Spolchemie	66

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Průměrné měsíční úhrny srážek ve vybraných administrativních oblastech. Srpen 2002 ve srovnání s červencem 1997 a normálem 1901-1950 za příslušný měsíc. [1]	12
Tabulka 2 - Denní úhrny srážek nad 80 mm dle klasického srážkoměru (měření 07 - 07 h SEČ) [1]	22
Tabulka 3 - Patnáctiminutové úhrny srážek, které dosáhly periodicity 10 let a více. Setříděno sestupně podle velikosti úhrnu, pouze stanice ČR. [1]	23
Tabulka 4 - Hodinové úhrny srážek nad 40 mm [1]	24
Tabulka 5 - Tříhodinové úhrny srážek nad 50 mm [1]	25
Tabulka 6 - Šestihodinové úhrny srážek nad 60 mm [1]	25
Tabulka 7 - Hodnoty kulminačních průtoků povodně v srpnu 2002 a jejich doby opakování (N) [1]	27
Tabulka 8 - Kulminační průtoky v nepozorovaných profilech s odhadem času výskytu a doby opakování, (*) - H (hydraulický model), S-O (srážkoodtokový model) [1]	29
Tabulka 9 - Bilanční tabulka srážek a odtoku na povodí vybraných vodoměrných stanic [1]	29
Tabulka 10 - Doba opakování kulminačních průtoků a objemů ve vybraných vodoměrných stanicích [1]	33

1 Úvod

Úkolem této bakalářské práce je zhotovení softwaru určující odhad střední doby do extrémních vodních srážek a povodní na území České republiky. Pro sestavení takového programu musela být provedena rozsáhlá rešerše, tedy zjištění vstupů pro tuto práci. Rozsáhlost rešerší je dána faktem, že řada vstupních údajů zasahuje danou problematiku pouze okrajově, ale je nutné tyto informace zařadit do modelu.

Z velkého množství dostupných zdrojů byly využity především základní a obecně známé informace a hodnoty, jako jsou úhrny dešťových srážek za určité časové období, informace o aktuálních stavech hladin a průtoků vodních toků na území České republiky. Dále byly k dispozici informace z historie, tedy oficiální údaje od počátku měření těchto jevů Českým hydrometeorologickým ústavem [1]. Byly použity i další typy informací, jejichž výčet v úvodu této práce není důležitý.

Vzhledem k tomu, že meteorologická ani hydrologická věda nedokáže předpovědět střední dobu do extrémních srážek či povodní pomocí výpočetně náročných matematických a počítačových modelů, nebude ani tato práce odhadovat tyto střední doby. To z důvodu, že by se teoretický model opíral pouze o historické extrémní jevy. Těchto jevů by nebylo tolik, aby se dal poměrně přesně sestavit požadovaný model. Proto byl zhotovený model vypracován tak, aby určoval míru rizika výskytu povodně. Pro toto vyhodnocení byla použita metoda „Analýzy způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA)“. Do softwarového modelu vstupovaly rozmanité typy vstupních hodnot, jejichž položky byly číselně a slovně ohodnoceny v závislosti rizika výskytu povodně. Extrémní srážky zde vstupují jako jedna z hlavních příčin vzniků povodní. Výstupem softwaru je tak aritmetický průměr spočítaný z uživatelem zadaných vstupních hodnot převedené na míru rizika výskytu povodní. Výsledná hodnota je udávána opět číslem i slovním ohodnocením, jedná se o riziko výskytu povodně v uživatelem definované oblasti. Na tento model byly aplikovány tři příklady vybraných oblastí. Ve všech zvolených oblastech dominovaly fungující chemické podniky, které mají od sebe odlišnou polohu vůči nejbližší řece. Model mohl být názorně otestován.

2 Rešerše

Pro tuto bakalářskou práci existuje mnoho dat zdrojů informací. Je proto nesnadné v rozumném rozsahu uvést všechny tyto zdroje. Nejruznější zdroje (oficiální i neoficiální) uvádějí naměřené srážkové úhrny za téměř libovolné časové období. K dispozici jsou jak data aktuální sledovatelná i online, tak data historická. Existují srážkové mapy založené opět na historických naměřených údajích. Uživatel internetu má ale k dispozici i aktuální radarová data zobrazující postup (nejen) vodních srážek přes území České republiky. Stejně tak je na internetu mnoho informací o říčních stavech. Tedy o hladině řek a jejich průtocích. Opět můžeme nalézt jednak data historická, tak ale i data aktuální. Aktuální data jednotlivých říčních hlásných profilů tak poskytují informace o současné výšce hladiny dané řeky a jejím průtoku, což může také pomoci ke krátkodobé předpovědi povodňové situace. Jsou vytvořeny a na internetu k dispozici například povodňové mapy, mapy vodních toků s periodou opakování povodní atp. Není tak snadné všechna tato data sesumarizovat a uvést je v této práci s omezeným rozsahem.

Veškeré zdroje informací jsou uvedeny na konci této práce, v této kapitole pouze stručně popíšeme stručně ty nejznámější použité zdroje. Nejvýznamnějším zdrojem informací byl pro tuto práci Český hydrometeorologický ústav [1], který získává a měří údaje o průtocích řek, výšky hladin toků a o spadlých vodních srážkách. ČHMÚ se také věnuje rozboru extrémních meteorologických a hydrologických jevů, jakou jsou například přívalové deště či povodně na území ČR. Dalším významným zdrojem informací je Vodohospodářský informační portál [5] provozovaný online Ministerstvem zemědělství České republiky. Ten poskytuje na svých internetových stránkách aktuální data ze srážkoměrných stanic či z říčních hlásných profilů nebo z vodních nádrží. Data pro tento portál poskytují stanice provozované ČHMÚ či stanice provozované příslušným povodím. Na informačním portále [5] jsou ale i údaje o plánování v oblasti vod. Dalším významným zdrojem informací pro tuto práci byly internetové stránky obsahující mapové podklady dokumentující povodeň v roce 2002 v okrese Ústí nad Labem. Mapy zobrazují kromě rozvodněného Labe také teoretickou výšku hladiny řeky s periodami opakování $N=5, 10, 20, 50$ a 100 let. Využity byly značně ale i ostatní zdroje informací uvedené v poslední kapitole této bakalářské práce.

3 Vstupní údaje do modelu

3.1 Vstupní údaje založené na množství dešťových srážek

3.1.1 Srážky při povodních v srpnu roku 2002

Pravděpodobně nejvýznamnějším historickým zdrojem dat naměřených extrémních dešťových srážek bude srpen roku 2002. V srpnu tohoto roku totiž došlo na území (nejen) ČR ke katastrofálním povodním a zátopám, jimž předcházely vydatné, historicky velmi významné deště a lijáky. V tomto období bylo naměřeno mnoho historických maximálních úhrnů srážek, ať už za jednotlivé dny či za určitá časová období. Český hydrometeorologický ústav sumarizoval naměřená data do svého produktu s názvem Hydrometeorologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 [1]. Tento elektronický dokument se skládá ze 3. etap. Z těchto etap bude pro vstup do modelu vzhledem k srážkám využita pouze 1. etapa s názvem Meteorologické příčiny povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek. První etapa poskytuje srážková radarová data, data říčních hlásných profilů, ale především data získaná ve srážkoměrných stanicích a ombrografických přístrojích¹, vše provozované Českým hydrometeorologickým ústavem.

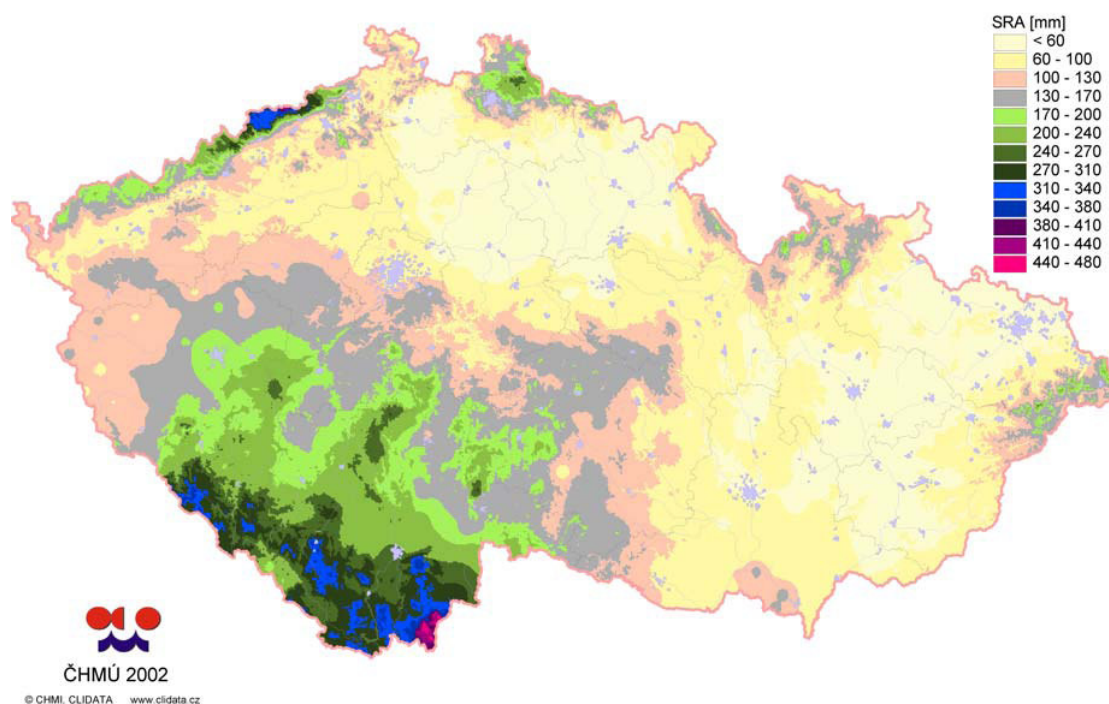
Tabulka 1 - Průměrné měsíční úhrny srážek ve vybraných administrativních oblastech. Srpen 2002 ve srovnání s červencem 1997 a normálem 1901-1950 za příslušný měsíc. [1]

Oblast	1997		2002	
	Úhrn [mm]	% normálu	Úhrn [mm]	% normálu
Středočeský kraj	138	181	162	213
Jihočeský kraj	171	176	298	307
Západočeský kraj	109	129	219	261
Severočeský kraj	140	169	163	196
Východočeský kraj	285	314	156	171
Jihomoravský kraj	241	294	121	148
Severomoravský kraj	384	349	128	116
Čechy	171	199	202	235
Morava	301	317	124	131
Česká republika	214	240	176	198

Pro základní porovnání jsou v Tabulce 1 uváděny měsíční průměry pro vybrané administrativní oblasti a povodňové měsíce srpen 2002 a červenec 1997, včetně procent dlouhodobého normálu 1901 až 1950 příslušného měsíce. Zatímco měsíční úhrny srážek

¹ ombrograf – typ srážkoměru, umožňuje měřit srážkové úhrny kontinuálně. Srážky stékají do nádoby s plovákem, na plovák je napojeno registrační zařízení, které zapisuje na otáčející se papír. Takto vytvořený záznam se nazývá ombrogram, jedná se o průběh celkového množství srážek v čase, z něho se dá odvodit intenzita srážky.

se v červenci 1997 pohybovaly na Moravě a ve východních Čechách od 290 do 350% normálu, v srpnu 2002 se pohybovaly v Čechách (vyjma východních) od 190 do 310% normálu.



Obr. 1 - Mapa úhrnů srážek na území ČR za období od 6. do 15. srpna 2002 [1]

Období 8. až 10. srpna. Na území ČR se vyskytovaly lokální lijáky a bouřky s denními úhrny srážek 30 až 55 mm. Výjimku tvoří dne 8. srpna stanice Lodhéřov v jižních Čechách 98,0 mm a stanice Luby u Chebu 68,0 mm. Maximum dne 9. srpna činilo 44,5 mm ve Zlatých Horách (Hrubý Jeseník) a 10. srpna v Chudenici v západních Čechách 73,6 mm.

Období 11.–15. srpna. Srážky postupně přecházely od západu na východ. V jednotlivých místech intenzivní srážky netrvaly déle než dva dny. V poli plošně rozsáhlých srážek se vyskytovaly lokální přívalové deště extrémního rozsahu.

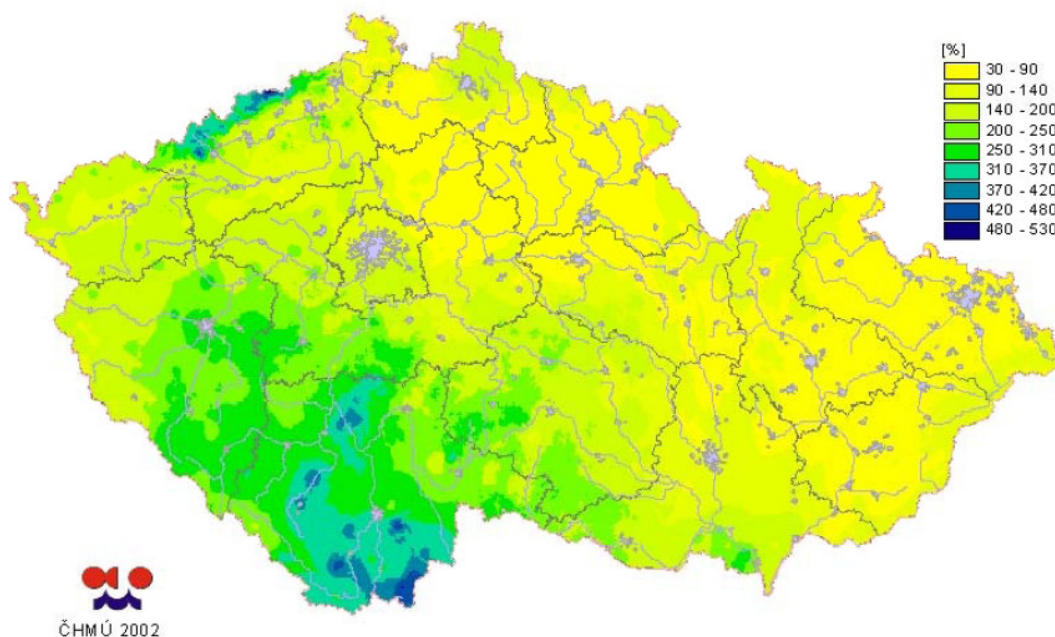
Dne 11. srpna se nejvyšší srážky koncentrovaly do oblasti jižních Čech, zejména Šumavy a Pošumaví, kde dosahovaly hodnot kolem 100 až 130 mm. Srážky přes 20 mm (ojediněle až 50 mm) však zasáhly celé západní a jižní Čechy, jihozápad středních Čech a jižní Moravu. Maximum bylo zaznamenáno na stanici Slavkov v jižních Čechách 157,4 mm. Následující den, tj. 12. srpna již byla zasažena celá západní polovina Čech, Jizerské hory a Českomoravská vrchovina. Srážky se pohybovaly od 20 do 60 mm,

místy do 100 mm, ojediněle do 130 mm, s kulminací ve střední a východní oblasti Krušných hor. Zde srážky dosahovaly 150 až 200 mm, v oblasti Cínovce kolem 300 mm. Maximum bylo naměřeno na stanici v Cínovci, a to 312,0 mm, a dále na stanici Český Jiřetín, Fláje 226,8 mm. Dne 13. srpna se srážky přesunuly do východních Čech a na Moravu. Nejvyšší srážky spadly v Jizerských horách (250 až 280 mm). Srážky 80 až 100 mm byly pozorovány i v Orlických horách, Hrubém Jeseníku, ve Žďárských vrších a horním Posázaví.

Maximum dne 13. srpna naměřila stanice Knajpa na experimentální měřicí stanici povodí ČHMÚ v Jizerských horách, a to 278,0 mm.

Celkové úhrny za období od 11. srpna. do 13. srpna 2002 ukazuje mapa na obr. 2.13. Dvoudenní a třídní maximum bylo naměřeno na stanici v Cínovci, a to 380,0 mm, a dále ve stanici Český Jiřetín Fláje, kde bylo naměřeno 301,0 mm.

Dne 14. srpna již v Čechách nepršelo a v Hrubém Jeseníku doznívala srážková činnost (srážky 20 až 40 mm). Srážky se koncentrovaly do oblasti Moravskoslezských Beskyd, kde napršelo 70 až 120 mm. Republikové denní maximum naměřily stanice Nýdek 98,0 mm a Lysá Hora 97,6 mm. Dne 15. srpna doznívaly srážky i v Moravskoslezských Beskydech (do 40 mm). Maximum naměřila stanice Bílá, Bumbálka 39,4 mm.



Obr. 2 - Mapa procentního poměru úhrnu srážek za období 6. - 15. srpna 2002 k normálu za měsíc srpen (normálové období 1961-1990) [1]

Stanice	Okres	Výška [m]	Z. délka	Z. šířka	6. 8.	7. 8.	8. 8.	9. 8.	10. 8.	11. 8.	12. 8.	13. 8.	14. 8.	15. 8.
Loděřov	Jindřichův Hradec	528	14,97	49,21	38,0	18,7	98,0	0,0	0,0	11,0	90,0	15,7	0,0	0,0
Pohorská Ves	Český Krumlov	750	14,65	48,67	97,2	180,5	3,1	0,0	0,0	44,4	114,5	10,8	0,0	0,0
Staré Hutě	České Budějovice	792	14,72	48,72	101,4	152,9	27,1	0,0	0,0	35,2	107,4	9,1	0,0	0,0
Slavkov	Český Krumlov	777	14,24	48,76	65,6	64,0	1,7	0,0	0,0	157,4	54,7	0,0	0,0	0,0
Chudenice	Klatovy	494	13,18	49,46	34,8	30,8	0,1	0,0	73,6	28,4	79,4	2,0	0,0	0,0
Bílá-Hlavatá	Frýdek-Místek	770	18,38	49,42	0,0	4,8	0,0	14,4	6,8	21,9	13,0	44,2	36,2	39,4
Nýdek	Frýdek-Místek	400	18,77	49,66	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	8,8	1,8	33,0	98,0	18,5
Zlaté Hory	Jeseník	420	17,40	50,26	0,0	0,0	0,0	44,5	23,6	8,4	6,8	63,0	8,0	0,2
Knajpa	Jablonec nad Nisou	967	15,25	50,82							75,6	278,0		
Činovec	Teplice	882	13,75	50,73	5,0	14,0	6,0	0,0	0,0	68,0	312,0	26,0	1,0	1,0

Stanice	Okres	Výška [m]	Z. délka	Z. šířka	6. 8.	7. 8.	8. 8.	9. 8.	10. 8.	11. 8.	12. 8.	13. 8.	14. 8.	15. 8.
Dubňany	Hodonín	200	17,10	48,92	9,7	0,6	4,1	4,1	33,0	39,8	41,3	35,1	0,6	51,5
Loděřov	Jindřichův Hradec	528	14,97	49,21	56,7	116,7	98,0	0,0	11,0	101,0	105,7	15,7	0,0	0,0
Pohorská Ves	Český Krumlov	750	14,65	48,67	277,7	183,6	3,1	0,0	44,4	158,9	125,3	10,8	0,0	13,5
Slavkov	Český Krumlov	777	14,24	48,76	129,6	65,7	1,7	0,0	157,4	212,1	54,7	0,0	0,0	6,1
Pomezí boudy	Trutnov	1050	15,82	50,75	0,0	0,0	0,0	8,9	15,8	18,1	187,7	187,9	14,5	6,9
Chudenice	Klatovy	494	13,18	49,46	65,6	30,9	0,1	73,6	102,0	107,8	81,4	2,0	0,0	0,0
Nýdek	Frýdek-Místek	400	18,77	49,66	0,0	0,0	6,5	6,5	8,8	10,6	34,8	131,0	116,5	18,5
Knajpa	Jablonec nad Nisou	967	15,25	50,82							353,6			
Činovec	Teplice	882	13,75	50,73	19,0	20,0	6,0	0,0	68,0	380,0	338,0	27,0	2,0	1,0

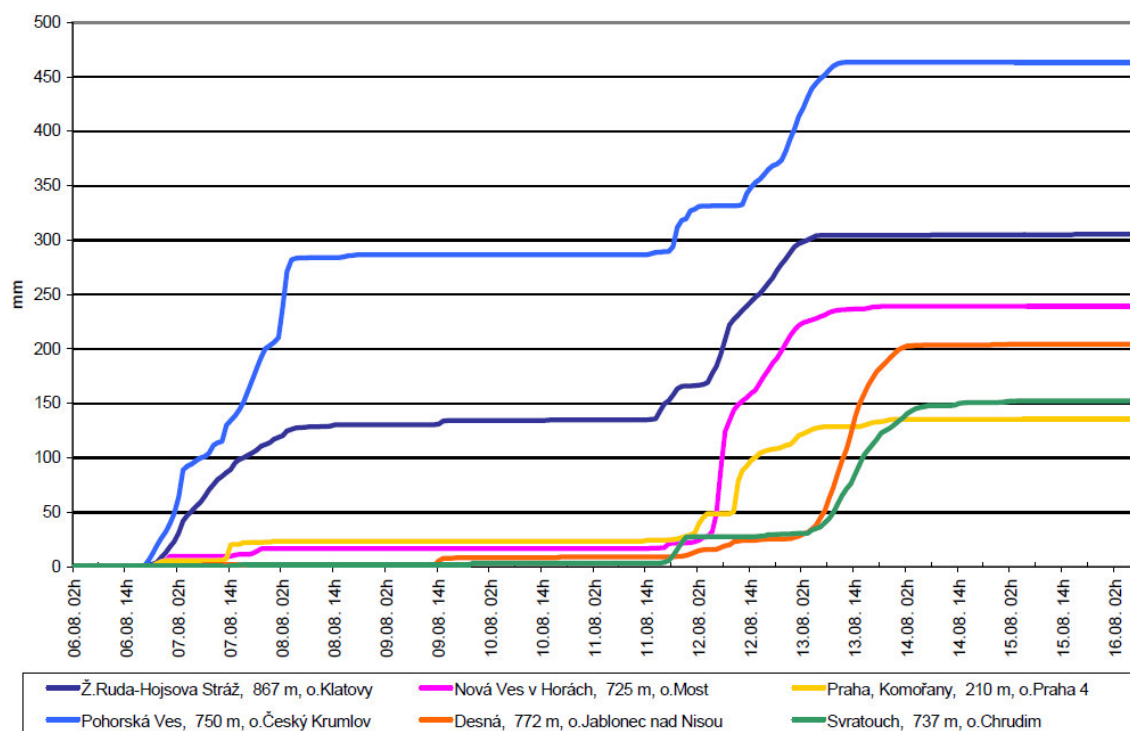
Obr. 3 (vlevo) - Denní úhrny srážek (mm) pro stanice, které měly alespoň v jednom dni v období 6. - 15. srpna 2002 nejvyšší denní úhrn srážek v ČR (prázdná políčka neměřeno) [1]

Obr. 4 (vpravo) - Dvoudenní úhrny srážek (mm) pro stanice, které měly v období 6. - 15. srpna 2002 alespoň jednou nejvyšší úhrn (prázdná políčka neměřeno, datum označuje první den intervalu) [1]

V průběhu uplynulých let byly v rámci grantových projektů MŽP zpracovány mapy bodových N-letých srážek (pro tuto práci nejsou mapy k dispozici). Ze srovnání map denních stoletých a aktuálních srážek v srpnu 2002 vyplývá, že dne 6. srpna se v jižních a jihozápadních Čechách vyskytovaly srážky rovnající se 0,4 až 0,6 násobku stoleté hodnoty, s výjimkou Novohradských hor (kolem stoleté hodnoty). Dne 7. srpna na většině území jižních a západních Čech byly dosaženy 0,4 až 0,6 násobky stoleté hodnoty, v příhraniční oblasti s Rakouskem byly většinou dosaženy a překročeny stoleté hodnoty až 1,6krát. Podobně 11. srpna byly na Šumavě a v Pošumaví dosaženy a překročeny stoleté hodnoty až na 1,6 násobek. Dne 12. srpna v celé západní polovině Čech se vyskytovaly srážky od 0,4 do 0,9 násobku stoleté hodnoty, na řadě míst byla stoletá hodnota překročena, nejvíce v oblasti Krušných hor (kolem Cínovce až trojnásobek stoleté hodnoty). V Jihočeském kraji a v okolí Plzně, v oblasti Novohradských hor se vyskytovaly až 1,6 násobky stoleté hodnoty. Dne 13. srpna byly stoleté hodnoty dosaženy v Lužických horách, v Jizerských horách a v severovýchodních partiích Českomoravské vysočiny. [1]

Extrémní srážky s následkem katastrofálních povodní v roce 2002 v Čechách se dají v určitých směrech srovnat se srážkami předcházejícími povodním v roce 1997 na Moravě.

Povodeň roku 2002 byla charakteristická dvěma vlnami srážek, které se vyskytly velmi brzy po sobě s odstupem 3 dnů, měly velký plošný rozsah a výsledný odtok se soustředil do jedné řeky. Extrémní srážky přitom v jednotlivých místech netrvaly déle než dva dny. Během první vlny srážky zasáhly pouze jižní a západní Čechy, zatímco při druhé vlně se srážky postupně stěhovaly směrem na východ. Vedle plošně velmi rozsáhlých srážek o velikosti 0,4 až 1,1 násobku stoletých hodnot se na některých místech objevily extrémní přívalové srážky, dosahující kolem 1,6 násobku, kolem Cínovce až trojnásobku stoletých hodnot (Novohradské hory, hřebeny Krušných a Jizerských hor). Tyto extrémní srážky, pokud by se vyskytly samostatně, by byly považovány za mediálně velmi význačné. V porovnání k velkoprostorové povodni v povodí Vltavy však poněkud zanikly. Povodně v roce 1997 měly delší trvání jednotlivých vln, které po sobě následovaly v delším časovém odstupu, a druhá vlna na Moravě byla výrazně slabší než první. Nebyl také zaznamenán výskyt přívalových srážek v rámci plošných trvalých srážek. Srážky se navíc rozdělily do dvou různých povodí – Odry, Morava.

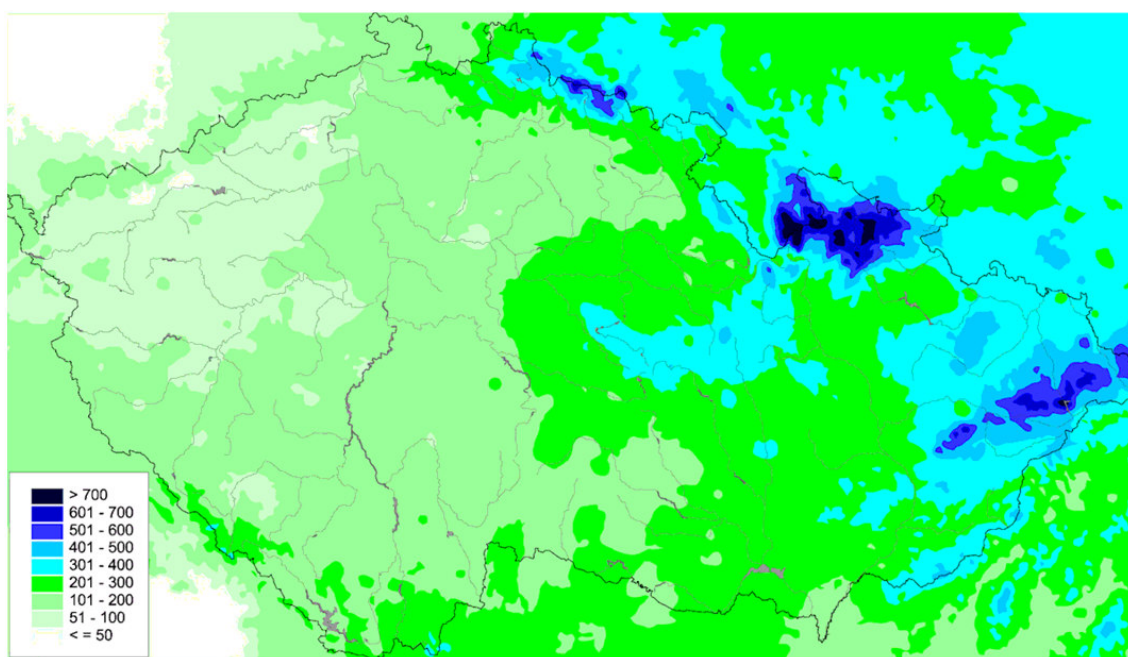


Obr. 5 - Kumulativní úhrny srážek dle ombrografů pro vybrané stanice s typickým průběhem v období 6. - 16. srpna 2002 (středoevropský čas) [1]

3.1.2 Srážky při červencových povodních v roce 1997

V červenci roku 1997 postihla Českou republiku, především Moravu ničující povodeň. Jednalo se o jednu z největších přírodních katastrof ve 20. století na českém území. Rozsáhlé a dlouhotrvající deště zasáhly povodí většiny řek Moravy, Slezska a severovýchodních Čech. V důsledku následných mimořádně ničivých povodní zahynulo 50 lidí (při povodních v srpnu roku 2002 přišlo o život 17 lidí), bylo zničeno nebo poškozeno téměř dvacet devět tisíc obytných domů a stovky dalších hospodářských zařízení a objektů. Stát přišel během několika dní o hodnoty v odhadované výši 62,6 miliard Kč, což je zhruba 80krát více než činí roční průměr povodňových škod z předcházejících let. Při povodních v roce 2002 se škody způsobené povodní odhadovaly na 73,3 miliardy Kč, z toho 6 miliard pouze škody v pražském metru. Jedná se o nejhorší povodeň, co se kdy na Moravě odehrála, ovšem v žebříčku nejhorších povodní České republiky bychom tuto zařadili jako druhou nejhorší povodeň za povodeň ze srpna roku 2002. Tato povodeň byla první nejhorší v novodobé historii českého státu, poslední povodeň podobného rozsahu proběhla roku 1845. Usnesením vlády České republiky z 26. listopadu 1997 byl schválen projekt „Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997“, nositelem projektu byl pověřen Český hydrometeorologický ústav.

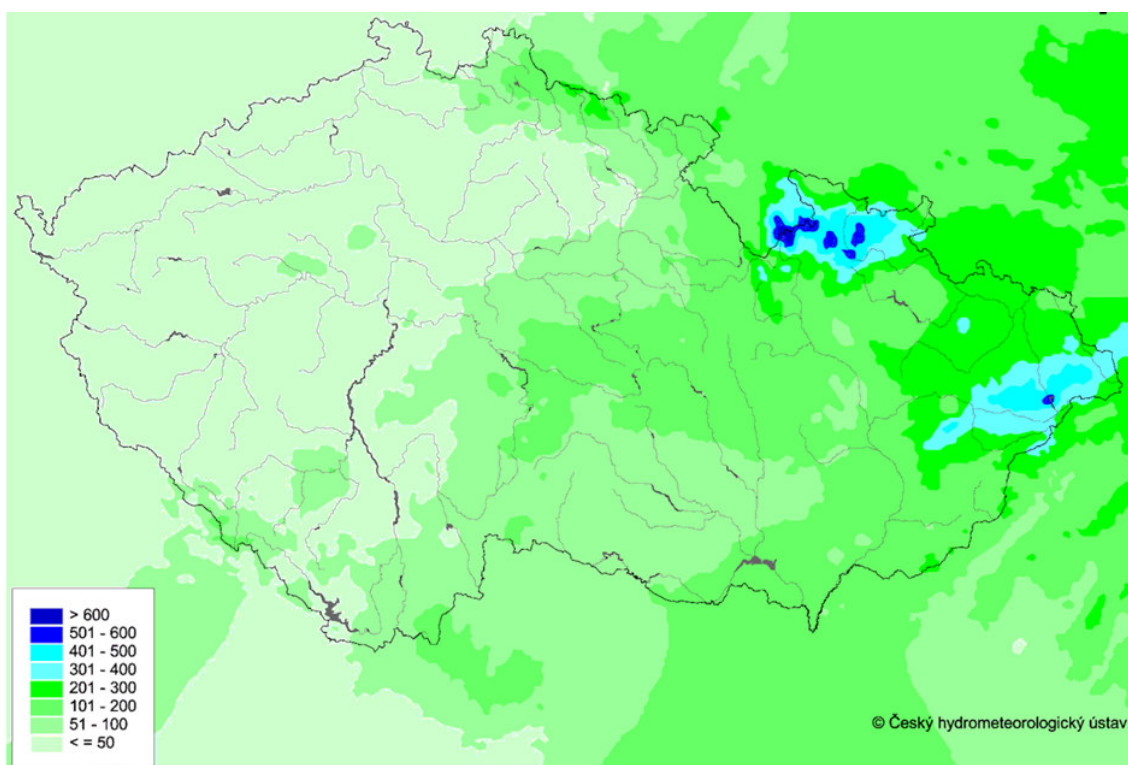
Příčinou vydatných srážek byla tlaková níže, která se nad Moravu a Polsko posouvala směrem od severní Itálie. Neobvyklá situace ve vývoji nastala, když pole vyššího tlaku vzduchu mezi Azorskými ostrovy a Skandinávií postup tlakové níže zablokovalo. Její střed po jistou dobu setrval nad jižním Polskem. Území Moravy zůstávalo relativně blízko středu tlakového útvaru a zároveň bylo překážkou pro týlovou složku jeho proudění. Právě tato složka tlakové níže přinášela nejvíce oblačnosti a srážek. Zpomalením postupu frontálního systému se obvykle jeden až tři dny trvající srážková perioda prodloužila o celé dva dny. Tento faktor se ukázal pro samotnou výjimečnost povodně jako zcela rozhodující. Déšť mimořádně zesiloval s návětrným účinkem pohoří, což se projevilo zejména v Jeseníkách a Beskydech. Během kritických několika dnů spadlo v povodí Odry a Moravy místy až přes polovinu ročního úhrnu. Obě řeky a jejich přítoky se rozvodnily na úroveň 150leté až 500leté vody, povodeň zasáhla 1/3 území Moravy a Slezska.



Obr. 6 - Měsíční úhrn srážek (mm) v červenci roku 1997 [1]

Den 4. července 1997 bývá označován za počátek katastrofálně ničivých povodní toho roku. Tento den dorazila na Moravu studená fronta společně s brázdou nízkého tlaku. To přineslo do oblasti první deště s bouřkami. Denní srážkové úhrny v přeháňkách a bouřkách dosáhly výšky 3 – 35 mm. Následující den, 5. července 1997, se tlaková níže nadále prohlubovala, což mělo za následek nabírání na síle srážkové činnosti. Vzhledem ke značné stagnaci celé situace trval tento proces i po celou neděli, kdy mohutné a trvalé srážky vesměs přesáhly hodnotu 100 mm, na Lysé hoře, Rejvízu a

v Šancích dokonce 200 mm denních srážkových úhrnů. 7. července 1997 srážek postupně ubývalo, během dne pršet dokonce na některých místech přestalo. Sedmého večer však déšť uhořel s novou silou, především v horských oblastech. Mohutné srážky opět pokračovaly celou noc na 8. července 1997, celý den a na Ostravsku a v Beskydech až do rána 9. července 1997. Toho dne dopoledne začala tlaková níže konečně ustupovat k východu, srážky ustaly a oblačnost se protrhala. Tyto dny můžeme označit jako první vlnu ničivé povodně v roce 1997. Ta druhá přišla v následujících dnech do moravského podhůří v podobě povodňové vlny v následujících dnech.



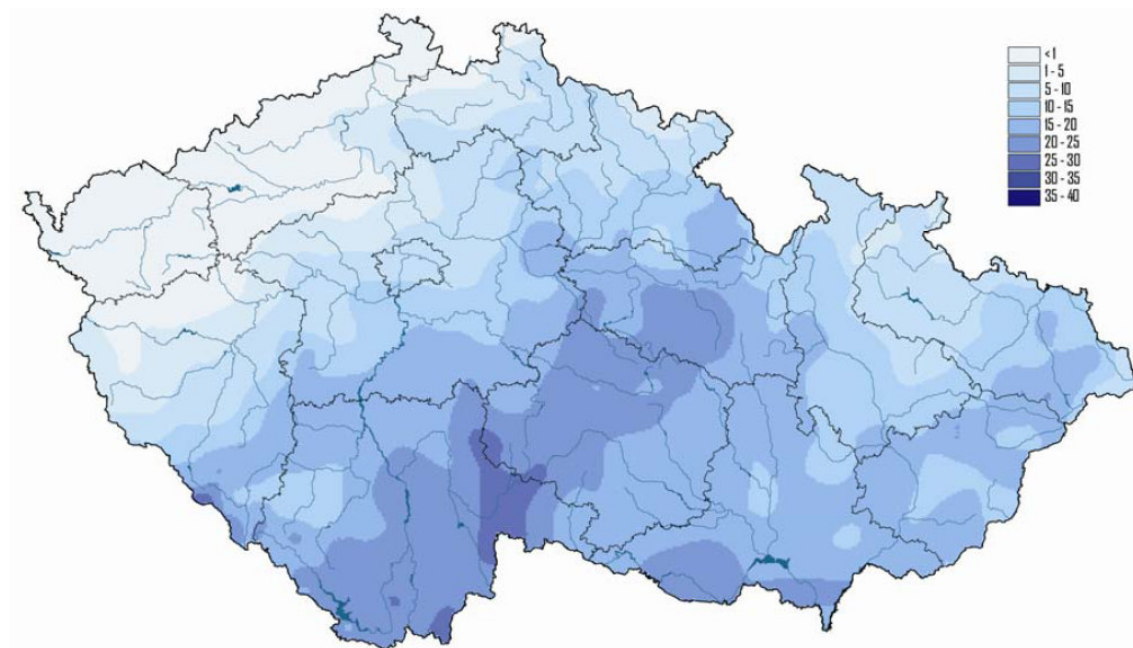
Obr. 7 - Pětidenní úhrn srážek (mm) v období 4. - 8. července 1997 [1]

Extrémnost srážek potvrzují naměřené úhrny za čtyři kritické dny 5. – 8. července 1997. Až na ojedinělé výjimky napršelo za toto krátké období všude více než 100 mm, což se dá srovnat s dlouhodobým průměrem naměřených srážek za celý měsíc červenec. Na mnoha místech, zvláště v Beskydech dosáhly však srážky několikanásobku této hodnoty. Například na Šancích spadlo 601 mm, na Lysé hoře 570 mm, na Pradědu 443 mm a na přehradě Morávka za 3 dny (6. – 8. července 1997) 403 mm. K hranici 400 mm spadlých srážek za období 5. – 8. července 1997 mělo blízko ještě několik dalších srážkoměrných stanic. Mapa na Obr. 7 zaznamenává pětidenní úhrn srážek, namísto udávaných čtyř kritických dnů.

3.1.3 Srážky během jarní povodně v roce 2006

V roce 2006 došlo na přelomu března a dubna (25. března až 5. dubna 2006) k povodni na velké části území České republiky a širšího území střední Evropy. Způsobila je kombinace vydatných srážek a prudkého oteplení, které vedlo k rychlému tání bohaté sněhové pokrývky. Nejhorší situace byla na řece Dyji a vodní nádrži Nové Mlýny, na povodích řek Labe, Morava a Lužnice. Došlo k zatopení několika sídel, mimo jiné i větších částí měst (Ústí nad Labem, Olomouce, Plané nad Lužnicí nebo Znojma). Řeka Vltava nezpůsobila vážnější škody, protože se jí podařilo částečně zregulovat pomocí předem vypuštěných děl Vltavské kaskády, především Lipna. Povodně se rozsahem nedají srovnávat k povodním z roku 1997 či 2002. Oproti povodňovým obdobím let 1997 a 2002 byly úhrny srážek při povodních v roce 2006 relativně malé, a to v řádech maximálně desítek milimetrů denně. Úhrny srážek tohoto rozsahu by například v letním období takové povodně nezpůsobily, možná by tímto ani žádné povodně způsobeny nebyly.

Pro ukázkou byla vybrána mapa ze dne 28. března 2006, kdy spadlo nejvíc milimetrů srážek za den během jarních povodní.



Obr. 8 - Denní srážkové úhrny (mm) ze dne 28. března 2006, den s maximálním denním úhrnem během jarních povodní [1]

3.1.4 Srážky přívalových povodní v červnu a červenci 2009

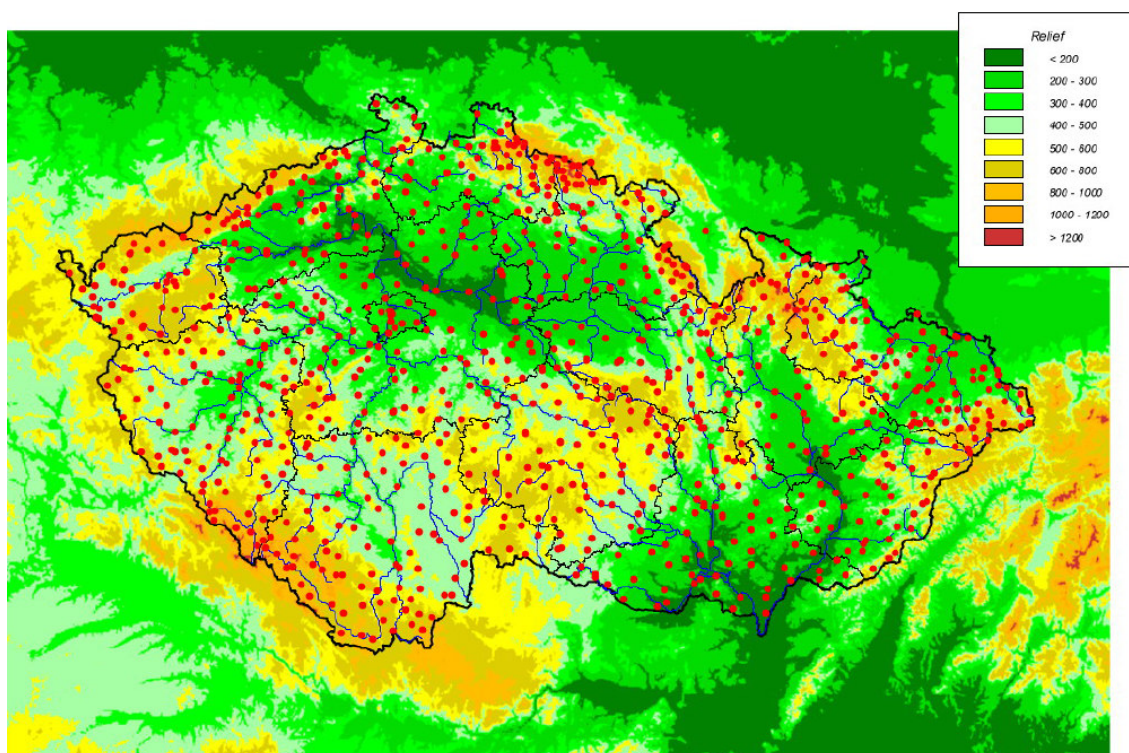
Povodeň v noci z 22. na 23. července 1998, která zasáhla Orlické hory, byla až do události ze dne 24. 6. 2009 považována v České republice za nejsilnější přívalovou povodeň za několik posledních desetiletí. Příčinou byla, podobně jako na Novojičínsku, organizovaná konvekce² a „řetězový efekt“, kdy docházelo k vývoji a postupu bouřkových buněk organizovaných v linii opakovaně přes přibližně stejnou oblast. Zcela jiné příčiny vedly k rozsáhlým povodním v oblasti Moravy, Slezska a východních Čech v červenci 1997 a povodním v Čechách a v Podyjí v srpnu 2002. Důvodem těchto povodní byl souběh několika nepříznivých faktorů: vícedenní přítomnost poměrně hlubokých tlakových níží nad střední Evropou, návětrný efekt a nasycení povodní předchozími intenzivními srážkami. Příčinou přívalové povodně na Novojičínsku 24. června 2009 byl intenzivní déšť vypadávající z konvektivní (bouřkové) oblačnosti. Mimořádná akumulace srážek byla způsobena řetězovým efektem a zřejmě i vysokou srážkovou účinností bouřek. Pro vyhodnocení extremity srážek byly zpracovány naměřené úhrny za 1 minutu (208 stanic), 15 minut (278 stanic), 60 minut (432 stanic) a denní úhrny v interval 7 až 7 hodin SEČ v době od 20. 6. do 6. 7 2009 (952 stanic). Z minutových a patnáctiminutových úhrnů byly mimo jiné vypočteny i hodinové úhrny ve fixních hodinách, které poněkud rozšířily spektrum primárně hodinových měření. Minutové úhrny byly v dalším použity pro znázornění detailního průběhu nejvýznamnějších dešťů.

Byla zpracována tabulka denních úhrnů srážkoměru s periodicitou 10 let a více. V následující tabulce je pro přehlednost zkrácený výsek této tabulky pro úhrny nad 80mm.

² konvekce - vertikální pohyby vzduchu, vyvolané teplotními rozdíly mezi vzduchovými částicemi a okolní atmosférou. Jedná se o působení archimédovské vztlakové síly na vzduchové částice, které při zvýšení své teploty nad teplotu obklopujícího atmosférického prostředí nabudou nižší hustoty, tj. nižší hmotnosti a díky tomu začnou samovolně stoupat do výšky. Tyto vertikální výstupné pohyby jsou samovolné — nazývají se volná konvekce, vzduch je vynášen vzhůru jen na základě své vztlakové síly, dané rozdílem hustoty, resp. teploty, mezi částicí a jejím bezprostředním okolím.

Tabulka 2 - Denní úhrny srážek nad 80 mm dle klasického srážkoměru (měření 07 - 07 h SEČ) [1]

Úhrn (mm)	Periodicita (roky)	Stanice	Datum a čas konce intervalu		Okres	Výška stanice (m n.m.)
123,8	100	Bělotín	25.6.2009	07:00	Přerov	306
120,2	100	Hodslavice	25.6.2009	07:00	Nový Jičín	340
104,5	50	Mořkov	25.6.2009	07:00	Nový Jičín	345
96,7	50	Staré Hutě	23.6.2009	07:00	České Budějovice	792
95,6	50	Střítěž nad Ludinou	25.6.2009	07:00	Přerov	340
88,1	25	Potštát	25.6.2009	07:00	Přerov	565
87,6	25	Děčín	5.7.2009	07:00	Děčín	157
85,1	25	Hostašovice	25.6.2009	07:00	Nový Jičín	374
82,5	25	Pohorská Ves	23.6.2009	07:00	Český Krumlov	807



Obr. 9 - Stanice s denními úhrny srážek ze srážkoměrů (07 - 07 h SEČ následujícího dne) [1]

Pro patnáctiminutové a hodinové úhrny byly sestaveny tabulky případů dosažení doby opakování 10 let a více. Rozumí se tím, že stejné nebo větší úhrny daného trvání se v dlouhodobém průměru vyskytnou jednou za 10 a více let. U patnáctiminutových úhrnů desetiletou perioda opakování byla překročena na 12, tj. 4 % stanic, převážně v severovýchodních a východních Čechách. Tyto úhrny se vyskytly ve dnech 23., 25., 29. a 30. června a dále 2., 3. a 4. července 2009. Pohybovaly se od 21,4 mm do 33,1 mm. Na Moravě napadlo za 15 minut nejvíce na stanici Staré Město, okres Uherské Hradiště, a to 26,8 mm dne 2. července 2009. Stoletá perioda opakování byla překročena dne 2. července 2009 dopoledne (10:46–11:00) na stanici Jablonné v Podještědí s úhrnem 33,1 mm. Úhrn za 30 minut (10:46–11:15 h) činil 49,3 mm a za

45 minut (10:46–11:30 h) 53,6 mm, v obou případech jde rovněž o více než stoleté hodnoty.

Tabulka 3 - Patnáctiminutové úhrny srážek, které dosáhly periodicity 10 let a více. Setříděno sestupně podle velikosti úhrnu, pouze stanice ČR. [1]

Úhrn (mm)	Periodicita (roky)	Stanice	Datum a čas konce intervalu		Okres	Výška stanice (m n.m.)
33,1	100	Jablonné v Podještědí	2.7.2009	11:00	Česká Lípa	320
29,0	50	Vysoké nad Jizerou	3.7.2009	11:15	Semily	670
28,4	25	Nedrahovice	2.7.2009	16:30	Příbram	348
27,4	25	Hlasivo	2.7.2009	16:15	Tábor	540
27,0	25	Lanškroun	29.6.2009	17:00	Ústí nad Orlicí	380
26,8	25	Staré Město	2.7.2009	13:30	Uherské Hradiště	235
24,6	20	Vysoké nad Jizerou	4.7.2009	11:45	Semily	670
24,6	20	Mařenice	30.6.2009	15:45	Česká Lípa	395
23,1	10	Horní Krupá	23.6.2009	20:00	Havlíčkův Brod	498
21,6	10	Vrchlice	25.6.2009	16:30	Kutná Hora	328
21,4	10	Pomezní boudy	2.7.2009	10:30	Trutnov	1050
21,4	10	Nedrahovice	30.6.2009	15:45	Příbram	348

Hodinové úhrny s dobou opakování 10 let a více byly naměřeny na 28 stanicích ze 432 (6,5 %) stanic. Hodinové úhrny byly počítány jako fixní, tj. sumováno od 1. do 60. minuty každé hodiny. Výjimku tvoří stanice s extrémními patnáctiminutovými úhrny, pro něž byly spočítány i šedesátiminutové úhrny plovoucí po čtvrthodinách. Na 6 stanicích byly nejméně stoleté srážky, s hodinovými úhrny 51,4 až 65,0 mm. Na dvou dalších spadly hodinové úhrny 45,4 a 46,0 mm, s dobou opakování delší nebo rovnou padesáti letům. Nejvyšší hodinový úhrn byl naměřen dne 2. července 2009 na stanici Nedrahovice (okres Příbram) od 16:00 do 17:00 h SEČ (65,0 mm). V Nedrahovicích v průběhu tohoto deště také spadl třetí nejvyšší patnáctiminutový úhrn. Na Moravě se nejvyšší hodinové srážky vyskytly ve dnech 24. až 26. června 2009 a, a to především na severovýchodní Moravě. Mimořádně vysoké hodinové srážky se dále vyskytly 29. a 30. června na Českomoravské Vysočině a 2. až 5. července ve středních, jižních a východních Čechách a na Moravě.

Tabulka 4 - Hodinové úhrny srážek nad 40 mm [1]

Úhrn (mm)	Periodicita (roky)	Stanice	Datum a čas konce intervalu		Okres	Výška stanice (m n.m.)
65,0	100	Nedrahovice	2.7.2009	17:00	Příbram	348
62,2	100	Hostašovice	24.6.2009	19:00	Nový Jičín	374
61,2	100	Moravská Třebová	29.6.2009	12:00	Svitavy	306
60,6	100	Bransouze	30.6.2009	16:00	Třebíč	420
54,0	100	Jablonec v Podještědí	2.7.2009	11:45	Česká Lípa	320
51,4	100	Hlasivo	2.7.2009	16:45	Tábor	540
46,0	50	Bělotín	24.6.2009	21:00	Přerov	306
45,4	50	Mitrov	5.7.2009	16:00	Hradec Králové	240
44,6	25	Pomezí boudy	2.7.2009	11:00	Trutnov	1050
44,5	25	Staré Město	2.7.2009	14:00	Uherské Hradiště	235
43,1	25	Veřovice	24.6.2009	18:00	Nový Jičín	455
41,9	25	Hlasivo	2.7.2009	17:00	Tábor	540
40,5	25	Lanškroun	29.6.2009	17:30	Ústí nad Orlicí	380
40,1	25	Bělotín	24.6.2009	19:00	Přerov	306

Na základě fixních hodinových úhrnů srážek byly pro všechny v tu dobu funkční srážkoměrné stanice spočteny tříhodinové a šestihodinové plovoucí úhrny srážek. Opět byly sestaveny tabulky nejvyšších časově se nepřekrývajících úhrnů.

Z tabulek vyplývá, že na 14 stanicích dosáhl tříhodinový úhrn hodnoty s dobou opakování 100 a více let a na dalších 3 stanicích s periodicitou 50 až 100 let, na 18 stanicích periodicitu 20 až 50 let a na 23 stanicích periodicitu 10 až 20 let. Na 58 stanicích (13,4 % měřících stanic) spadly tedy tříhodinové úhrny srážek s dobou opakování 10 let a více. V případě šestihodinových úhrnů bylo dosaženo periodicity 10 let a více na 40 (9,3 %) stanic, z toho na 24 stanicích bylo dosaženo 20leté hranice, na 15 stanicích 50leté hranice a na 9 stanicích úhrn dosáhl nejméně hranic stoleté srážky. Sama převaha počtu stanic s extrémními tříhodinovými úhrny nad počtem stanic s extrémními šestihodinovými úhrny dokládá konvektivní charakter těchto srážek. Nejvyšší tříhodinový, šestihodinový i denní úhrn spadl dne 24. 6. na stanici Bělotín (okres Přerov) a činil po řadě 114,5 mm, 122,5 mm a 123,5 mm. Srážky spadly mezi 18. a 22. hodinou SEČ. Tyto úhrny dosáhly hodnot stoleté a víceleté srážky, přičemž zejména v případě tří a šestihodinové srážky bylo toto překročení extrémní. Nejvyšší hodinový úhrn na této stanici ale činil „pouhých“ 46,0 mm, tj. na úrovni 50leté srážky. Nejvyšší patnáctiminutový úhrn na této stanici nedosáhl ani desetileté hodnoty.

Pro ukázkou uvedeme pouze naměřené tabulkové hodnoty tříhodinových a šestihodinových maxim.

Tabulka 5 - Tříhodinové úhrny srážek nad 50 mm [1]

Úhrn (mm)	Periodicita (roky)	Stanice	Datum a čas konce intervalu		Okres	Výška stanice (m n.m.)
114,5	>>100	Bělotín	24.6.2009	21:00	Přerov	306
83,4	>>100	Hostašovice	24.6.2009	20:00	Nový Jičín	374
74,4	>>100	Nedrahovice	2.7.2009	19:00	Příbram	348
72,9	>>100	Lanškroun	29.6.2009	18:00	Ústí nad Orlicí	380
71,8	>>100	Moravská Třebová	29.6.2009	13:00	Svitavy	306
69,8	100	Radvanice	2.7.2009	14:00	Trutnov	526
67,0	100	Veřovice	24.6.2009	19:00	Nový Jičín	455
65,0	100	Nedrahovice	2.7.2009	17:00	Příbram	348
63,0	100	Radostín	2.7.2009	18:00	Žďár nad Sázavou	525
61,8	100	Bransouze	30.6.2009	17:00	Třebíč	420
59,6	100	Karlstift	2.7.2009	14:00	Rakousko	917
55,5	100	Jablonné v Podještědí	2.7.2009	13:00	Česká Lípa	320
55,4	100	Hlasivo	2.7.2009	18:00	Tábor	540
53,2	100	Pomezní boudy	2.7.2009	13:00	Trutnov	1050

Tabulka 6 - Šestihodinové úhrny srážek nad 60 mm [1]

Úhrn (mm)	Periodicita (roky)	Stanice	Datum a čas konce intervalu		Okres	Výška stanice (m n.m.)
122,5	>>100	Bělotín	24.6.2009	22:00	Přerov	306
83,9	>>100	Hostašovice	24.6.2009	20:00	Nový Jičín	374
76,8	100	Moravská Třebová	29.6.2009	16:00	Svitavy	306
74,6	100	Nedrahovice	2.7.2009	22:00	Příbram	348
73,0	100	Lanškroun	29.6.2009	18:00	Ústí nad O.	380
72,6	100	Radvanice	2.7.2009	16:00	Trutnov	526
67,2	100	Veřovice	24.6.2009	20:00	Nový Jičín	455
63,0	100	Radostín	2.7.2009	18:00	Žďár nad S.	525
61,8	100	Bransouze	30.6.2009	17:00	Třebíč	420
60,1	50	Pomezní boudy	2.7.2009	15:00	Trutnov	1050

Intenzivní bouřková činnost, místy doprovázená prudkými lijáky, působila ojediněle lokální přívalové povodně. Jiný průběh měla přívalová povodeň, která zasáhla ve večerních hodinách dne 24. 6. 2009 Novojičínsko. Podle radarových měření nešlo o nijak výrazné intenzivní bouřky, ale spíše o rozměrově malé buňky. Hlavní příčinou povodní byla skutečnost, že tyto buňky se vyvíjely a organizovaly téměř lineárně a opakovaně postupovaly přes téměř stejné území zvolna k jihozápadu. Mimořádná akumulace srážek byla způsobena i vysokou srážkovou účinností bouřek.

Z rozboru extremity srážek vyplývá, že se na řadě stanic vyskytly srážky s nízkou periodicitou opakování, přičemž intenzivní srážky se vyskytovaly v jednotlivých dnech jen na plošně omezených územích a v některých oblastech byly vysoce překročeny stoleté hodnoty.

3.2 Údaje založené na výškách hladiny řek a jejich průtoků při povodních

3.2.1 Průtoky a výšky hladin řek při povodních v srpnu 2002

Historicky nejextrémnější povodně v ČR, tedy ty ze srpna roku 2002 změnily díky své výjimečnosti náhled na určování N-leté povodně. Díky těmto povodním, které neměly ve známé historii obdoby, snížily významně letost (periodu opakování) záplav. Při těchto povodních bylo naměřeno mnoho maximálních historických průtoků i (kulminačních) výšek hladin postižených řek. V některých místech musela být výška hladiny pouze odhadnuta, stejně tak jako průtok (odhady mohly být uskutečněny díky moderním metodám určování hodnot). Důvodem je ten fakt, že některé vodočetné stanice nebyly na tak velkou vodu dimenzovány.

Tabulka 7 - Hodnoty kulminačních průtoků povodně v srpnu 2002 a jejich doby opakování (N) [1]

Id	Stanice	Tok	Plocha povodí [km ²]	Kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Období zpracování	N původní [roky]	Období zpracování	N nové bez 2002 [roky]	N nové s 2002 [roky]
1110	Břeží	Vltava	1824.6	706	1888, 1941–1960	>1000	1888, 1890, 1899–1928, 1941–2002	200	100–200
1120	Kaplice	Malše	259	257	1965–1985	200–500	1888, 1949, 1965–2002	200–500	200
1125	Ličov	Černá	126.1	213	–	500	1888, 1967–2002	200	100–200
1126	Pořešín	Malše	437.9	434	–	500–1000	1882–1938, 1978–2002	500–1000	200–500
1130	Římov	Malše	494.8	414	1888–1975	200–500	1888, 1890, 1899–2002	200–500	100–200
1140	Pašínovice	Stropnice	398.7	250	1910–1985	1000	1888, 1890, 1910–2002	200–500	200
1150	Roudné	Malše	961.2	695	1888, 1910–1975	>1000	1888, 1890, 1897–2002	>1000	200–500
1151	České Budějovice	Vltava	2847.6	1310	1875–1960	>1000	1875–2002	>1000	500
1290	Hamr nad Nežárkou	Nežárka	981.2	220	1912–1985	100–200	1912–2002	200	100–200
1310	Klenovice	Lužnice	3143	625	1890, 1910–1985	>1000	1890, 1910–2002	>1000	500–1000
1330	Bechyně	Lužnice	4046.3	666	1879–1985	500–1000	1879–2002	500	200–500
1410	Katovice	Otava	1134.5	424	1890, 1900–1985	100	1890, 1899–2002	100–200	50–100
1430	Němětice	Volyňka	383.4	199	1888, 1899–1985	200	1888, 1899–2002	100–200	50–100
1470	Poděvorský Mlýn	Blanice	202.9	280	1951–1985	>1000	1937–2002	>1000	500–1000
1500	Heřmaň	Blanice	839.6	443	1888, 1926–1985	>1000	1888, 1890, 1926–2002	500	200–500
1510	Písek	Otava	2912.8	1180	1874, 1887–1985	500–1000	1887–2002	500–1000	200–500
1520	Dolní Ostrovec	Lomnice	390.7	262	1899–1985	>1000	1895, 1899–2002	>1000	>1000
1530	Varvažov	Skalice	366.8	203	1890, 1899–1985	>1000	1890, 1899–2002	>1000	500–1000
1690	Praha -Zbraslav	Vltava	17816.7	3340	1845, 1936–1985	200–500	1845, 1936–2002	200–500	200
1790	Staňkov	Radbuza	699.9	213	1845, 1901, 1931–1985	100–200	1845, 1901, 1931–2002	100–200	100
1799	Lhota	Radbuza	1174.9	360	1845, 1901, 1914–1985	200–500	1845, 1901, 1913–2002	1000	200–500
1820	Klatovy	Úhlava	338.8	159	1931–1943, 1952–1985	200–500	(1845), 1931–1943, 1952–2002	200–500	100–200
1830	Štěnovice	Úhlava	897.3	398	1913–1985	1000	(1845), 1913–2002	1000	500
1860	Plzeň-Bílá Hora	Berounka	4015.6	858	1887–1985	100–200	(1845), 1887–2002	100–200	100–200
1870	Koterov	Úslava	734.3	610	1913–1985	>1000	(1845), 1913–2002	>1000	>1000
1880	Nová Huť	Klabava	358.8	266	1950–1985	200	1950–2002	200	100–200
1980	Beroun	Berounka	8283.8	2170	1872, 1890–1985	500–1000	1872, 1890–2002	200–500	200
2001	Praha-Chuchle	Vltava	26719.9	5160	1845, 1890, 1899–1983	500	1827–2002	200–500	200–500
2040	Mělník	Labe	41824.7	5050	1845, 1852–1985	200–500	1845, 1852–2002	200–500	200
2210	Ústí n. L.	Labe	48556.9	4700	1845, 1877–1985	100–200	1845, 1851–2002	100–200	100–200
2400	Děčín	Labe	51103.9	4770	1845, 1851–1985	100–200	1845, 1851–2002	100–200	100
4300	Podhradí	Dyje	1750.7	343	1934–1985	200	1900, 1934–2002	100–200	100

Z Tabulky 7 je patrné snížení periody opakování povodní při zahrnutí povodně v roce 2002. Rozsah povodní byl tak velký, že perioda opakování povodní se většinou snížila o polovinu. V některých stanicích se dokonce z tisícileté vody snížila častost povodní na dvousetletou až pětisetletou vodu.

3.2.2 Průtoky a výšky hladin řek při přívalových povodních v červnu a červenci 2009

V období od 24. června až do zhruba 5. července 2009 se na území ČR vyskytlo několik převážně lokálních přívalových povodní, z nichž některé můžeme charakterizovat jako skutečně mimořádné.

Především na srážky konvekčního charakteru bohaté období začalo 22. června, kdy se v noci na 23. června vyskytly vydatné regionální srážky zejména na jihu Čech, které zasáhly především povodí Malše, Otavy a Lužnice a vyvolaly poměrně prudký vzestup hladin vodních toků. Lokálně byl překročen limit platný pro vyhlášení 3. stupně povodňové aktivity, to znamená stavu ohrožení. Lokálně byly bouřky doprovázené déletrvajícými a velmi intenzivními přívalovými lijáky, které na některých postižených územích způsobily katastrofální přívalové povodně.

Přívalovými povodněmi byly ve sledovaném období zasažené jak pozorované, tak nepozorované vodní toky. Během jednotlivých povodňových situací i po jejich odeznění byla kontrolována funkčnost přístrojů zaznamenávajících vodní stavy a na základě zanechaných povodňových stop byly ověřovány kulminace vodních stavů. Kromě těchto měření byl uskutečněn také terénní průzkum a dokumentace přívalových povodní na nepozorovaných vodních tocích (Novojičínsko, Jesenicko, povodí Bystré u Benešova nad Ploučnicí), včetně zaměřování povodňových stop a měření rychlosti proudění vody. Proběhla geodetická zaměření příčných profilů po úroveň povodňových stop pro následné odvozování velikostí kulminačních průtoků pomocí hydraulického modelu. V některých pozorovaných profilech byl dosažen nejvyšší vodní stav za historii pozorování vodoměrné stanice a příslušná měrná křivka průtoků musel být proto extrapolována³. Přímé měření průtoků bylo během povodně a jejího časového výskytu, který většinou nastal v pozdních odpoledních, večerních či nočních hodinách.

Ve sledovaném období byla však za „relativně ustáleného proudění“ provedena řada přímých měření průtoků, jejichž výsledky značně pomohly při ověřování a zpřesnění průběhu běrných křivek průtoků v profilech vodoměrných stanic.

V Tabulce 6 jsou uvedeny výsledky vyhodnocení kulminačních průtoků v 17 nepozorovaných profilech. Vyhodnocení průtoků bylo určitým kompromisem, který vycházel z porovnání výsledků dosažených oběma přístupy v jednotlivých

³ extrapolace – přiblížení, zjednodušeně analogické odvození

profilech. Jako jedna z pomůcek pro rozhodování o konečném výsledku sloužily hodnoty maximálních specifických odtoků, kdy byl hodnocen jejich vývoj po ploše povodí a rovněž jejich porovnání vůči obalové čáře historicky nejvyšších dosažených specifických odtoků.

Tabulka 8 - Kulminační průtoky v nepozorovaných profilech s odhadem času výskytu a doby opakování, (*) - H (hydraulický model), S-O (srážkoodtokový model) [1]

Tok	Profil	Metoda vyhodn. (*)	Plocha povodí [km ²]	Q ₁₀₀ [m ³ .s ⁻¹]	Údaje k vyhodnocení kulm. průtoku				
					den	h	průtok	poměr	doba opak.
						SEČ	[m ³ .s ⁻¹]	ku Q ₁₀₀	[roky]
Bystrá	Benešov n. Plouč.	H	51.9	27.0	4. 7.	16:40	115	4.26	>> 100
Novojičínsko									
Jičínka	Veřovice	S-O	5.28	25.1	24. 6.	18:30	21.5	0.86	50–100
Papakův p.	Mořkov	S-O	3.63	18.5	24. 6.	19:00	26.8	1.45	>> 100
Jičínka	Žilina u N. Jičína	H, S-O	37.46	106	24. 6.	20:15	170	1.60	>> 100
Zrzávka	Bludovice	H, S-O	28.97	69.5	24. 6.	20:00	135	1.94	>> 100
Zrzávka	Žilina u N. Jičína	S-O	32.80	76.4	24. 6.	20:00	145	1.90	>> 100
Luha	Bělotín	H, S-O	40.49	43.9	24. 6.	23:15	74.2	1.69	>> 100
Luha	Polouvsí	S-O	70.46	57.7	25. 6.	0:30	160	2.77	>> 100
Luha	Jeseník n. Odrou	H, S-O	93.70	67.4	25. 6.	0:50	200	2.97	>> 100
Sedlnice	Ženkla	H, S-O	5.37	18.8	24. 6.	19:15	59.5	3.16	>> 100
Sedlnice	Nová Horka	H, S-O	59.15	74.9	24. 6.	22:30	35.5	0.47	5–10
Lichnovský p.	Lichnov	S-O	11.33	33.9	24. 6.	18:45	36.3	1.07	> 100
Tichávka	Vlčovice	S-O	26.47	65.0	24. 6.	19:45	27.3	0.42	2–5
Jesenicko									
Červený p.	St. Červená Voda	S-O	23.00	43.5	26. 6.	22:45	42.5	0.98	100
Skorošický p.	Tomíkovice	H, S-O	12.85	23.3	26. 6.	22:45	47.5	2.04	>> 100
Javornický p.	Javorník	H, S-O	14.82	28.5	26. 6.	22:30	39.4	1.38	> 100
Vojtovický p.	Bernartice	H, S-O	40.18	61.5	26. 6.	23:45	97.5	1.59	>> 100

V Tabulce 7 jsou pro vybraná povodí k profilům vodoměrných stanic uvedeny průměrné výšky srážek na povodí, výška přímého odtoku na základě separace hydrogramu a koeficient přímého odtoku. Separace hydrogramu přímého odtoku je vždy subjektivní a nejednoznačná. Byla provedena šikmým řezem vedeným od paty vlny po okamžik výskytu výraznějšího zlomu na sestupné větvi signalizujícího výraznější utlumení přímého odtoku.

Tabulka 9 - Bilanční tabulka srážek a odtoku na povodí vybraných vodoměrných stanic [1]

Datab. číslo	Tok	Profil	Plocha povodí [km ²]	Bilance objemu srážka-přímý odtok			
				Datum	Srážky [mm]	Přímý odtok [mm]	Koef. odtoku [-]
147000	Blanice	Podedvorský Mlýn	202.76	28. 6.	51.5	29.4	0.57
241000	Kamenice	Srbská Kamenice	97.79	1. 7.	17.2	3.9	0.23
241000	Kamenice	Srbská Kamenice	97.79	4. 7.	35.0	11.9	0.34
249800	Jičínka	Nový Jičín	75.92	24. 6.	86.6	39.0	0.45
251100	Husí potok	Fulnek	58.85	2. 7.	33.4	8.5	0.25
307000	Stříbrný potok	Žulová	21.46	26. 6.	53.0	17.9	0.34
309000	Vidnávka	Vidnava	153.20	26. 6.	62.3	19.1	0.31
470000	Oslava	Dolní Bory-Olší	210.89	2. 7.	26.0	6.5	0.25

3.2.3 Průtoky a výšky hladin řek při jarní povodni v roce 2006

Extremita povodně je nejčastěji hodnocena na základě dob opakování kulminačních průtoků, to znamená na základě N-letých průtoků, které jsou v Českém hydrometeorologickém ústavu běžně zpracovávány a poskytovány veřejnosti. Jarní povodeň 2006 si však z hlediska velmi významného množství proteklé vody vyžádala i zpracování dob opakování objemů povodňových vln.

Doby opakování kulminačních průtoků hodnocené povodně ve vodoměrných stanicích byly přiřazeny dle stávajících hodnot N-letých průtoků. Ve stanicích Svídnice na Štítarském potoce, Vestec na Merlíně a Mírovka na Šlapance byly v průběhu zpracování přehodnoceny N-leté průtoky, dle kterých byla stanovena doba opakování jarní povodně 2006. V současné době jsou přehodnocovány N-leté průtoky v některých stanicích v povodí Dyje, kde se navíc v červnu 2006 vyskytla z hlediska kulminačního průtoků další významná povodeň. Důvodem pro přehodnocování N-letých průtoků je jednak prodloužení vstupních řad kulminačních průtoků od posledního odvození, jednak skutečnost, že kulminační průtoky hodnocené povodně patří k největším v příslušných pozorovaných řadách. Parametry teoretických rozdělení používaných pro odvození N-letých průtoků totiž citlivě reagují na zahrnutí každé další významné povodně do výpočtu.

Doba opakování 2 roky byla dosažena nebo překročena celkem ve 281 vodoměrné stanici v České republice (147 stanic se nachází v povodí Labe, 21 v povodí Odry a 113 v povodí Moravy), což činí téměř 60% všech vodoměrných stanic, ve kterých Český hydrometeorologický ústav systematicky měří a vyhodnocuje průtoky. Kulminační průtoky s dobou opakování 20 let byly dosaženy nebo překročeny v 62 vodoměrných stanicích na tocích v ČR, z toho ve 30 stanicích v povodí Labe a ve 32 stanicích v povodí Moravy (v povodí Odry nebyl tento průtok dosažen v žádné stanici). Kulminační průtoky s dobou opakování 100 let byly dosaženy nebo překročeny v 7 vodoměrných stanicích, a to pouze v povodí Moravy, z toho 6 stanic se nachází v povodí Dyje (Janov, Podhradí, Jemnice, Vysočany, Vranov-Hamry, Znojmo) a jedna leží na toku Moravy (Strážnice). Z uvedeného je patrné, že jarní povodeň 2006 měla co do výskytu plošný charakter. V porovnání s historickými záznamy se kromě několika povodí nejednalo o mimořádnou povodeň z hlediska kulminačních průtoků, i když v několika stanicích byl zaznamenán největší vyhodnocený průtok. Největší extremita

kulminačních průtoků byla vyhodnocena v povodí Dyje, dále pak v povodí Lužnice, Sázavy a Moravy.

Zimní povodně se ve srovnání s letními povodněmi vyznačují většími objemy proteklé vody. Vzhledem k tomu, že data o objemech dvou povodňových vln při povodních v roce 2006 nebyla dosud systematicky zpracovávána, na rozdíl od kulminačních průtoků, nemohlo být vyhodnocení extremity objemů provedeno plošně ve všech stanicích. K odvození dob opakování objemů bylo vybráno celkem 17 vodoměrných stanic, z toho 9 stanic se nachází v povodí Labe a 8 v povodí Moravy. Při odvozování se vycházelo z řad průměrných denních průtoků vyhodnocených za celé období pozorování. Bylo zvoleno jednotné trvání povodňových vln, a to 16 dní (5 dní před kulminací, den kulminace a 10 dní po kulminaci), které bylo určeno na základě průběhu povodně 2006 v různých stanicích. Toto zvolené trvání vyhovuje pro většinu stanic. Pouze na velkých tocích, to jest v Praze na Vltavě, v Mělníku a v Děčíně na Labi, bylo toto zvolené trvání nepatrně kratší než by odpovídalo skutečnému trvání, které je ale v těchto stanicích ovlivněno manipulacemi na nádržích Vltavské kaskády. V rámci pozorované řady průtoků byla v každém roce vybrána největší průtoková vlna (podle maximálního denního průtoku) a stanovena její odtoková výška (v milimetrech). Takto byla sestavena řada maximálních ročních odtokových výšek, která vstupovala do zpracování. Obdobným způsobem byla sestavena také řada zimních odtokových výšek vztahujících se k zimnímu pololetí (listopad až duben).

Tabulka 10 - Doba opakování kulminačních průtoků a objemů ve vybraných vodoměrných stanicích [1]

Dat. číslo	Tok	Vodoměrná stanice	Plocha povodí [km ²]	Doba opakování kulminačních průtoků [roky]	Období zpracování objemů	Doba opakování objemů povodně [roky]	
						Roční	Zimní
0420	Labe	Němčice	4300.5	10–20	1947–2006	50–100	50–100
0470	Loučná	Dašice	624.3	20–50	1911–2006	50	50–100
1044	Labe	Kostelec nad Labem	13186.4	20	1890–2006	20–50	20–50
1270	Nežárka	Lásenice	683.8	50	1947–2006	>100	>100
1330	Lužnice	Bechyně	4055.1	50	1890–2006	100	>100
1672	Sázava	Nespeky	4038.3	20–50	1890–2006	>100	>100
2001	Vltava	Praha-Chuchle	26730.7	2–5	1901–2006	20–50	50
2040	Labe	Mělník	41838.0	5–10	1890–2006	20–50	50
2400	Labe	Děčín	51123.3	10	1888–2006	50	50
3540	Mor. Sázava	Lupěné	445.3	20–50	1926–2006	50–100	>100
3550	Morava	Moravičany	1559.2	10–20	1912–2006	50	>100
3610	Třebůvka	Loštice	573.3	10–20	1922–2006	50–100	100
3670	Morava	Olomouc-Nové Sady	3323.9	20–50	1921–2006	50	50–100
4030	Morava	Kroměříž	7030.3	50	1916–2006	100	>100
4215	Morava	Strážnice	9145.8	>100	1921–2006	100	>100
4300	Dyje	Podhradí	1755.9	>100	1935–2006	100	100
4690	Jihlava	Ptáčov	963.8	20–50	1932–2006	100	100

Z výsledků vyhodnocení extremity kulminačních průtoků a objemů jarní povodně 2006 vyplývá, že tato povodeň byla velmi významná především z hlediska velikosti objemů.

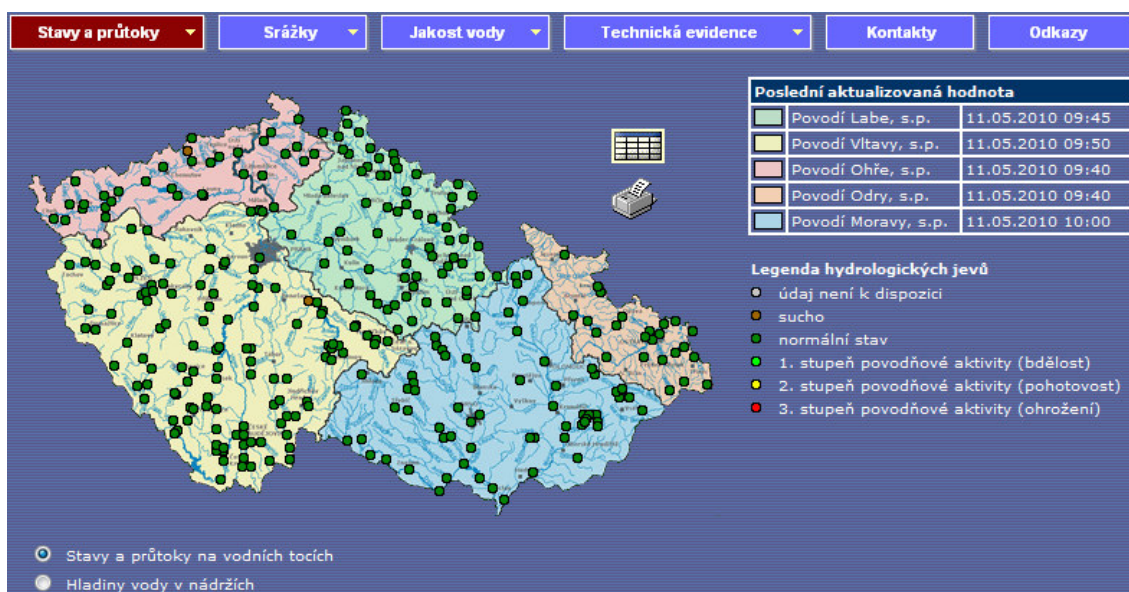
3.3 Online sledování výšky hladin, průtoků vodních toků a měřených vodních srážek

Vodohospodářský informační portál [5] Ministerstva zemědělství České republiky poskytuje veřejnosti aktuální informace o stavech a průtocích na vodních tocích společně s aktuálními naměřenými spadlými vodními srážkami. Data jsou z jednotlivých měřících stanic aktualizována převážně v intervalu 15 minut. To poskytuje uživateli přehled o situaci v okolí měřící stanice.

3.3.1 Sledování výšky hladin a průtoků měřených vodních toků

Aplikace „Stavy a průtoky na vodních tocích“ [5] vychází z vybraných profilů vodoměrných stanic ve státní monitorovací síti provozované Českým hydrometeorologickým ústavem a vložených profilů státních podniků Povodí. V těchto stanicích je měřen dosažený vodní stav (cm) a z něho odvozený průtok vody (m³/s). Tyto údaje jsou pravidelně sledovány a průběžně zveřejňovány. Aplikace prezentuje informace o veličinách měřených na nádržích spravovaných státními podniky Povodí. V současnosti je na většině nádrží pravidelně zaznamenávána úroveň hladiny (z ní je odvozován objem zadržené vody v nádrži), teplota vzduchu a srážkový úhrn. Dále jsou

v aplikaci u některých nádrží uváděny měřené, případně bilančně odvozené, hodnoty přítoku do nádrže a odtoku z nádrže. Hlásné profily povodňové služby (kategorie A) jsou situovány v místech vodoměrných stanic, které jsou provozovány ČHMÚ nebo správci povodí. Také část hlásných profilů (kategorie B) je v místě stávajících vodoměrných stanic. Všechny tyto profily jsou technicky dostatečně vybaveny, tj. je v nich nainstalována vodočetná lať (ve většině stanic také grafický nebo digitální záznam) a je pro ně zpracována měrná křivka průtoků. Hydrologická pozorování v těchto stanicích provádějí většinou dobrovolní pozorovatelé ČHMÚ, v menší míře provozní pracovníci s.p. Povodí. Pomocné hlásné profily (kategorie C) jsou provozované účelově obcemi nebo vlastníky ohrožených nemovitostí, mají lokální význam a mohou tvořit základ místních varovných systémů a poskytovat tak varování obyvatelstvu zejména při přívalových povodních na malých vodních tocích. Způsob pozorování vodních stavů na povrchových tocích upravuje vnitřní předpis ČHMÚ.

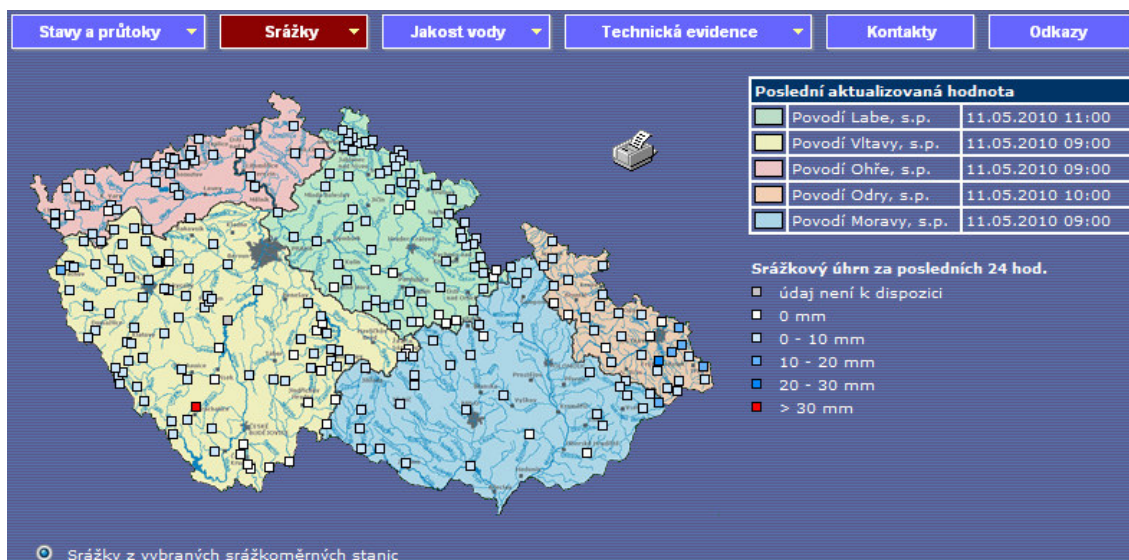


Obr. 11 - Online sledování stavů a průtoků na vodních tocích [5]

3.3.2 Sledování spadlých vodních srážek měřené vybranými stanicemi

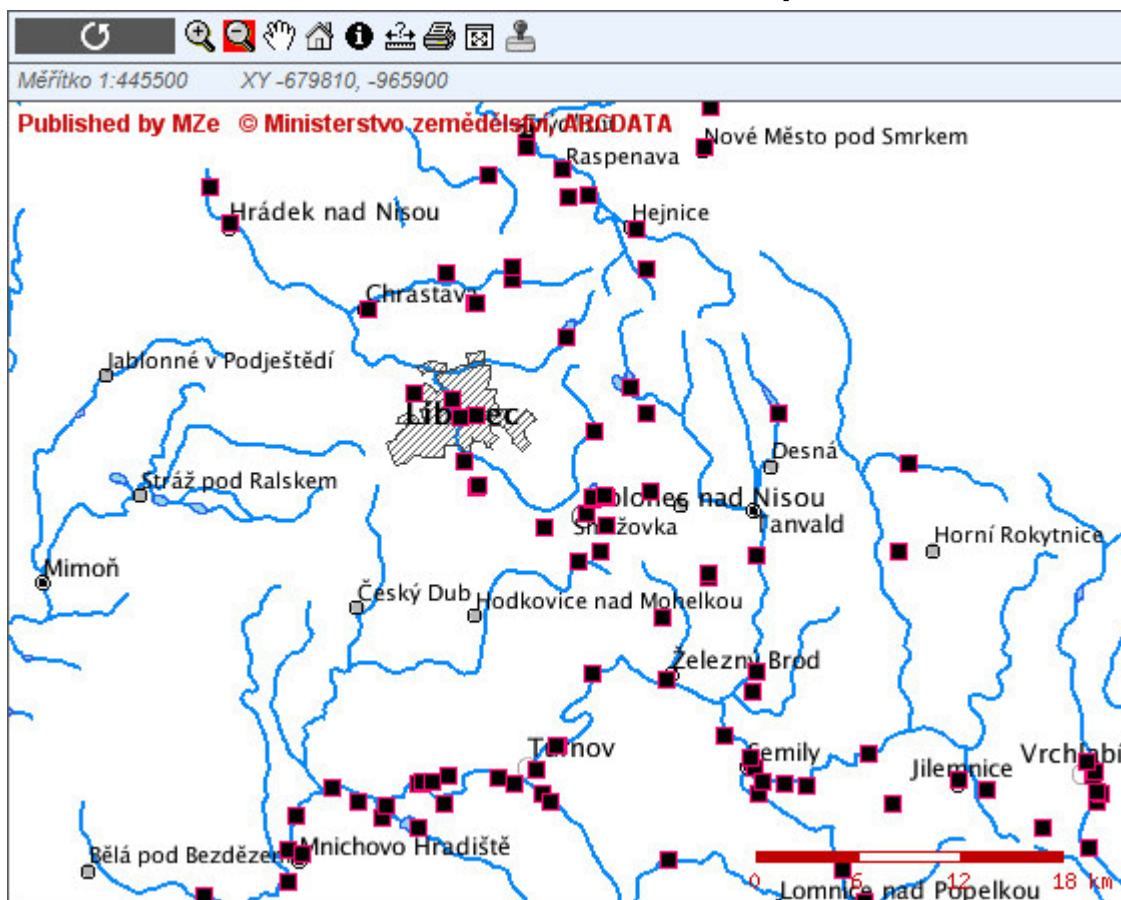
Aplikace „Srážky“ [5] poskytuje aktuální informace o hodinových srážkových úhrnech a teplotách vzduchu ze srážkoměrných stanic ve státní monitorovací síti provozované Českým hydrometeorologickým ústavem a v klimatických stanicích a na vodních dílech ve správě státních podniků Povodí. Aplikace umožňuje získat přehled o hodinových srážkových úhrnech z automatizovaných srážkoměrných stanic změřených v průběhu posledních 24 hodin, o denních srážkových úhrnech za

posledních 7 dní. Automatická síť srážkoměrů při teplotách nad „nulou“, zobrazuje úhrn dešťových srážek za předchozích 60 minut. Při „záporných“ teplotách dochází k rozpouštění padajícího sněhu a přístrojem je změřeno množství vody v něm obsažené. Údaje jsou za normální situace aktualizovány jedenkrát denně, při nebezpečí povodně a za povodně je četnost vyšší. Pokud měřené údaje ze srážkoměrných stanic chybí, pravděpodobně došlo k závadě v komunikaci se stanicí. Nulové hodnoty ze stanice v oblasti, kde se srážky vyskytly, jsou způsobeny poruchou srážkoměru, nejčastěji ucpáním přístroje. Měření srážek v automatických měřicích stanicích bylo do monitorovacího a řídicího systému Vodohospodářského dispečinku státních podniků Povodí zařazeno především pro zkvalitnění předpovědí dalšího vývoje průtoků zejména na horních úsecích vodních toků, při využití předpovědního srážkoodtokového matematického modelu HYDROG nebo AQUALOG.



Obr. 12 - Online sledování srážek z vybraných srážkoměrných stanic [5]

3.4 Plánování v oblasti vod, interaktivní mapa



Obr. 13 – Plánování v oblasti povrchových vod, ukázka mapy, testovací režim [5]

Vodohospodářský informační portál [5] provozovaný Ministerstvem zemědělství České republiky spustil na svém webu testovací verzi interaktivní mapy Plánování v oblasti povrchových i podzemních vod. Tyto plány oblastí povodí pořizují správci povodí podle své působnosti ve spolupráci s příslušnými krajskými úřady a ve spolupráci s ústředními vodoprávními úřady pro 8 oblastí povodí vymezených vyhláškou č. 292/2002 Sb. Jedná se o oblasti povodí Horního a středního Labe, Horní Vltavy, Berounky, Dolní Vltavy, Ohře a Dolního Labe, Odry, Moravy, Dyje.

Plány zahrnují plánované budování nebo rekonstrukce staveb na vodních tocích, vodních dílech či budování (rekonstrukce) v oblasti podzemních vod. Obsahují ale i plánované budování či rekonstrukce staveb, které nevlastní příslušné povodí. Jedná se o stavby, které se bezprostředně týkají povodí, například stavba domu na břehu řeky či na území s výskytem podzemních vod.

Interaktivní mapa Plánování v oblasti vod běží v současné době v testovacím režimu. Nejsou tak zde zatím umístěna data plánů pro všech 8 povodí. V testovací interaktivní mapě je obsažena pouze oblast povodí Horního a středního Labe.

Parametry opatření :						
Realizovatelnost	Vypořádání pozemků		Střety v území		Techn. realiz.	
	nesnadné		střední		střední	
Ekonom. kalkul.	Náklady	Jednotka	Počet	Celkové náklady	Priorita	Kód
				17 000 000		
Druh území	CHKO	NP	MZCHÚ	NATURA		
	ne	ne	ne	ne		
	Lesnictví	Průmysl	Rekreace	Zemědělství		
	žádné	žádný	nevýznamná	částečně		

Oblast povodí Horního a středního Labe

Obr. 14 - Ukázka parametrů opatření u vybraného plánování v oblasti povrchových vod [5]

4 Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch

4.1 Popis a stručná historie analýzy

Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch, anglicky označována jako metoda FMECA (Failure Mode, Effects and Critical Analysis) je strukturovaná semikvantitativní metoda, pomocí které se identifikují poruchy s významnými důsledky ovlivňující funkci systému. Závažnost následků poruchy se popisuje kritičností. Existuje několik tříd nebo úrovní kritičnosti v závislosti na nebezpečích a snížení provozuschopnosti systému a někdy též na pravděpodobnosti výskytu poruchy. Zkoumá, jakým způsobem mohou objekty na nižší úrovni systému selhat a jaký důsledek s kritičností mohou mít tato selhání pro vyšší úroveň systému (tomu předchází dekompozice a stanovení úrovní systému). Metoda FMECA je rozšířením metody FMEA o zmiňovaný odhad kritičnosti důsledků poruch a pravděpodobnosti jejich nastoupení.

Tato metoda byla vyvinuta v 60. letech dvacátého století jako nástroj pro zabezpečení spolehlivosti nových technických systémů. Metoda byla poprvé využita v agentuře NASA při realizaci projektu APOLLO. V současnosti patří metody FMEA a FMECA k nejužívanějším metodám prediktivní analýzy spolehlivosti.

4.2 Cíle a možnosti použití analýzy

Mezi cíle metody řadíme:

- posouzení důsledků a posloupnosti jevů pro každý zjištěný způsob poruchy prvku, ať má jakoukoliv příčinu, a to na různých funkčních úrovních systému,
- určení významnosti nebo kritičnosti každého způsobu poruchy vzhledem k požadované funkci systému s uvažováním důsledků na bezporuchovost nebo bezpečnost procesu,
- klasifikace způsobů poruch podle toho, jak snadno je lze zjistit, diagnostikovat, testovat,
- odhady ukazatelů významnosti a pravděpodobnosti poruchy, jsou-li k dispozici potřebná data.

Mezi možnosti použití metody řadíme:

- nejvýznamnější využití v etapě návrhu a vývoje, jako součást přezkoumání návrhu (metoda předběžného varování),
- při modifikaci a modernizaci systému,
- při změnách provozních podmínek,
- při prokazování požadavků norem, předpisů nebo uživatele,
- jako podklad pro návrh konstrukčních změn nebo požadavky na provedení zkoušek.

4.3 Omezení a nedostatky metody FMECA

Tato analýza má také svoje nedostatky a omezení. Metoda může být složitá, pracná a časově náročná v případě komplexních systémů. Je potřeba velké množství informací o systému, například konstrukce, funkce, technologie výroby, způsoby provozu a provozních podmínek. Bývá také zapotřebí účast týmu odborníků různých profesí. Metoda nezahrnuje důsledky chyb lidského faktoru.

4.4 Vstupní informace potřebné pro analýzu

K tomu aby mohla být provedena analýza systému metodou FMECA je nezbytné aby byly podrobně vymezeny podmínky jejího provedení a aby analytik měl k dispozici všechny potřebné vstupní údaje. Jde hlavně o následující podmínky a informace:

Účel a cíle analýzy – musí být přesně vymezeno, k jakému účelu je analýza prováděna. Například se analýza provádí proto, aby:

- Bylo možné prokázat, že výrobek splňuje požadavky na bezpečnost, když průkaz těchto požadavků nelze podat jiným přijatelným způsobem, například zkouškou, protože takový průkaz předpis nepřipouští.
- Byly vyspecifikovány kritické prvky systému z hlediska nepříznivých důsledků jejich poruchy pro plnění základních funkcí systému.
- Prokázat splnění požadavků na spolehlivost před tím, než budou provedeny komplexní zkoušky spolehlivosti.

- Poskytnout vstupní informace pro návrh optimálního systému technické údržby systému.
- Poskytnout vstupní informace pro návrh optimálního systému technické diagnostiky.
- Kombinace výše uvedených účelů a cílů, případně jiné účely.

Technický popis systému - slovní popisy konstrukčního uspořádání a použitého technologického řešení systému, doplněné o podrobnou výkresovou dokumentaci, schémata, grafy a podobně.

Definice funkcí systému a jeho prvků - tato vstupní informace obsahuje podrobný výčet (definice) všech důležitých funkcí systému a prvků, které musí plnit a které musí být podrobeny analýze. Funkce musí být definovány tak, aby bylo možné studovat (modelovat) jejich vzájemné souvislosti, podmíněnost, posloupnost, vazby na provozní podmínky systému. Z definice musí být možné odvodit závažnost důsledků jejich neplnění, možnosti vzájemné oddělitelnosti jednotlivých funkcí a pod. Funkce může někdy být pro daný systém nebo prvek pouze jedna, avšak většinou je funkcí několik a pro každou definovanou funkci se provádí účelově zaměřená analýza.

Funkční členění systému - funkční členění musí korespondovat s předchozím bodem. Specifikuje se, do jakých funkčních subsystémů se systém člení a to až do požadované hloubky analýzy. Funkční členění může být shodné nebo podobné konstrukčnímu členění, ale není to pravidlem. Funkční a konstrukční členění (uspořádání) systému je nutné odlišovat, protože výrobek jednoho konstrukčního typu může plnit celou řadu odlišných funkcí a tomu musí být přizpůsobeno i odpovídající funkční členění. Funkčnímu členění se potom přizpůsobují i modely spolehlivosti (funkčnosti), které umožňují provést analýzy spolehlivosti.

Definice rozhraní systému - jde o přesné vymezení hraničních bodů a prvků, kde dochází ke vzájemné interakci se „sousedními“ systémy nebo s vnějším okolím systému. V nich potom musí být vymezeny „okrajové podmínky“ pro analýzu systému. Definice rozhraní má za cíl vyloučit „průniky jevů“ více systémů tak, aby se stejné analyzované jevy (funkce, poruchy apod.) neopakovaly vícekrát v různých systémech.

Údaje o prvcích systému - o všech prvcích systémů, až do zvolené úrovně, která je určena požadovanou hloubkou analýzy, musí být k dispozici alespoň následující informace:

- jednoznačná identifikace prvků – mohou to být například čísla výkresů, katalogová čísla, čísla prvků na schématech a výkresech a podobně,
- popis funkcí prvků,
- popis možných způsobů poruch prvků,
- popis důsledků poruch prvků,
- intenzity (pravděpodobností) jednotlivých způsobů poruch prvků (pokud je požadováno provedení kvantitativní analýzy),
- zdroj informací o intenzitách (vyžaduje obvykle zadavatel projektu).

4.5 Postup provádění analýzy

Realizace metody představuje provedení jisté logické posloupnosti kroků, kterou lze rozdělit na tři základní části:

- přípravná část,
- vlastní FMECA jednotlivých prvků systému,
- vyhodnocení analýzy.

Obsah a rozsah každé z těchto částí analýzy závisí na celé řadě faktorů a může se případ od případu lišit jak formou, tak obsahem. Proto také neexistuje žádný univerzální, ani závazný návod, který by podrobně a jednoznačně určoval jak analýzu provádět. V platných standardech a odborných publikacích, které jsou této metodě věnovány, zpravidla najdeme jen výčet základních principů metody a doporučení k jejímu provádění.

Praktické uplatnění těchto principů a doporučení bude vždy ovlivňováno specifickými vlastnostmi zkoumaného objektu, podmínkami jeho provozu či účelem analýzy, případně dohodou mezi kompetentními partnery.

4.6 Dokumentace metody FMECA

K tomu, aby výsledky analýzy byly přehledné a mohly být dále snadno využitelné, je vhodné jejich průběžné zaznamenávání do vhodně uspořádaných pracovních formulářů. Použití těchto formulářů, mimo jiné, také vytváří předpoklady proto, že analýza bude provedena systematicky tj. nic nebude opomenuto (každá položka formuláře musí být vyplněna).

Neexistuje žádný závazný předpis, upravující obsah a uspořádání pracovního formuláře pro realizaci FMEA/FMECA. Uspořádání formuláře může být proto velice různorodé. Některá doporučení a návrhy jsou součástí norem. Vždy by však obsah a uspořádání mělo odpovídat specifickým cílům analýzy i charakteru analyzovaného systému. Pracovní formulář by měl umožňovat zaznamenání především následujících informací:

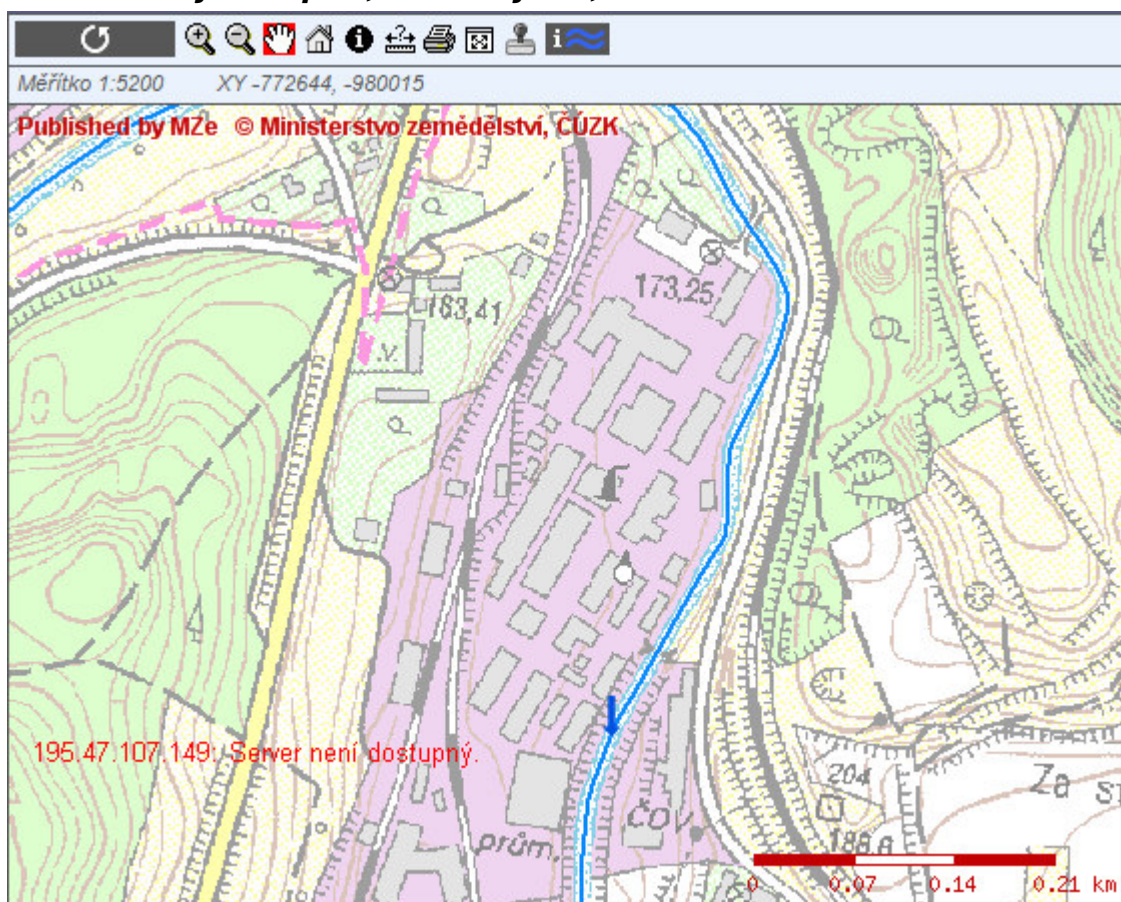
- identifikační číslo analyzovaného prvku,
- název analyzovaného prvku,
- popis funkce prvku,
- způsob poruchy,
- příčinu poruchy,
- důsledky poruchy,
- metody zjišťování poruch,
- relativní významnost poruchy a alternativní opatření,
- pravděpodobnost poruchy prvku.

Položka č.	Položka popis	Mód poruchy č.	Mód poruchy	Možné příčiny	Detekováno	Lokální důsledek	Důsledek na systém	Opatření proti poruše	Třída následků	Intenzita poruchy
1.1.1	Stator	1111	přerušený el. obvod	přerušené vinutí	malé otáčky, tvrdý chod	nízký výkon	výpadek	ochrana fáze, tepelná pojistka	4	
		1112	přerušený el. obvod	přerušená přípojka	malé otáčky, tvrdý chod	nízký výkon	výpadek	ochrana fáze, tepelná pojistka	3	
		1113	porušení izolace	trvale vysoká teplota	ochranný systém	přetížení	není výstup	1 x ročně inspekce, tepelná pojistka	4	
		1114	přerušení na termistoru	vliv stárí	ochranný systém	žádný	není výstup	náhradní termistor	3	
		1115	zkrat na termistoru	chybný termistor	ochranný systém	změna pojistné meze	není výstup při velkém zatížení	tepelná pojistka, náhradní termistor	3	
1.1.2	Chladicí systém motoru	1121	nedostatečné chlazení	blokování malého tlaku	vysoká teplota statoru detekována termistorem	vysoká teplota vinutí	vysoká teplota motoru	tepelná pojistka	2	
		1122	únik do vnějšího prostředí	netěsnost na potrubí	teplota motoru	nedostačující chlazení	vysoká teplota motoru	tepelná pojistka, kontrola každé 2 hodiny	2	
		1123	průnik z vnějšího prostředí	netěsnost na potrubí	nízký výkon	zavzdušněný chladicí systém	žádný	kontrola každé 2 hodiny	2	
1.1.3	Ložisko motoru	1131	porucha mazání	opotřebení ložiska	nízká hladina oleje	únik oleje	žádný, pokud není velký únik oleje	denní kontrola	3	

Obr. 15 - Příklad užití metody FMECA, elektromotor chlazený vodou [13]

5 Popis vybraných oblastí

5.1 Velvěty u Teplic, firma Lybar, a.s.



Obr. 16 - Řeka Bílina lemující areál chemičky Lybar ve Velvětech (fialová barva) [5]

5.1.1 Poloha areálu firmy Lybar ve Velvětech

Areál chemického závodu Lybar leží necelých 5 km od města Teplice v obci Velvěty. Ten je z východní strany v těsné blízkosti lemován korytem řeky Bíliny [Obr. 16]. Firma je největším aerosolovým výrobcem v České republice. Poloha areálu je výhodná vzhledem k dopravní obslužnosti, sousedí s magistrálou E55 vedoucí do Prahy nebo Německa (Drážďany). Je ale výhodná i vzhledem k řece Bílině, která dokonce v délce 200 metrů protéká areálem. Voda v podniku je zde důležitá pro samotnou technologii výroby.

5.1.2 Nejnižší místo areálu firmy ve vztahu k hladině řeky Bílina

Nejnižší místo celého areálu firmy Lybar je u její vrátnice. GPS souřadnice bodu jsou 50°36'27" severní šířky a 13°53'9" východní délky. Dle mapy [3], viz. obr.16, je nadmořská výška vrátnice 173,25 metrů nad mořem. Obtížné bylo získat výšku hladiny

řeky Bíliny pod mostkem u vrátnice. V nejbližším okolí není žádný říční hlásný profil Českého hydrometeorologického ústavu, který by výšku hladiny měřil. V mapách [3] jsou zakresleny vrstevnice po jednom metru, tudíž by bylo určení hladiny v daný okamžik velmi nepřesné a založené na velmi hrubém odhadu s přesností na 1 metr. Pro zjištění výšky koryta řeky byl proto použit pasivní komerční GPS přijímač. Tento pokus však ukázal, že dané dostupné zařízení není schopno určit nadmořskou výšku přesněji než vrstevnicový odhad z mapy. Měření proběhlo v severní a jižní části areálu, větší přesnosti nebylo dosaženo v ani jednom z případů. Oproti předchozím zkoumáním, přesnějšího určení nadmořské výšky bylo dosaženo po osobní konzultaci s RNDr. Janou Tesařovou, CSc. zabývající se zaměřováním terénu. Ta určila, že nadmořská výška koryta řeky Bíliny se v blízkosti vrátnice pohybuje přibližně na hodnotě 170,5 metrů nad mořem. Výška hladiny v daném místě musela být odhadnuta převodem výšky hladiny z hlásného profilu řeky Bíliny v Trmicích (bezprostředně ve Velvětech se žádný hlásný profil nenachází, nejbližší je v Trmicích u Ústí nad Labem), který je od areálu vzdálený přibližně 14 kilometrů po proudu řeky. Průřez koryta řeky ve Velvětech je více uzavřenější než průřez koryta řeky v Trmicích, kde má řeka při zvýšené hladině vody větší tendenci vystoupit z břehu. Dne 30. dubna 2010, kdy probíhalo GPS měření nadmořské výšky a ověřování mapy RNDr. Tesařové, byla výška hladiny v Trmicích 112 cm ode dna řeky (stav řeky „sucho“ se vyhláší, pokud výška hladiny klesne pod 100 cm, průměrný roční stav 114 cm). Mezi Trmicemi a Velvěty nemá řeka žádný stálý přítok z jiného vodního toku, napojují se zde pouze 4 dešťové strouhy. Při porovnání povahy řeky a tvarů koryt v našich dvou případech můžeme použít naměřená data z hlásného profilu v Trmicích pro zvolené místo ve Velvětech s tím, že od změřených výšek hladin odečteme odhadnutých 20 cm. Z níže uvedeného evidenčního listu hlásného profilu stanice Trmice na řece Bílině určíme, že maximum hladiny řeky ve Velvětech při katastrofálních povodních v roce 2002 bylo přibližně 277 cm.

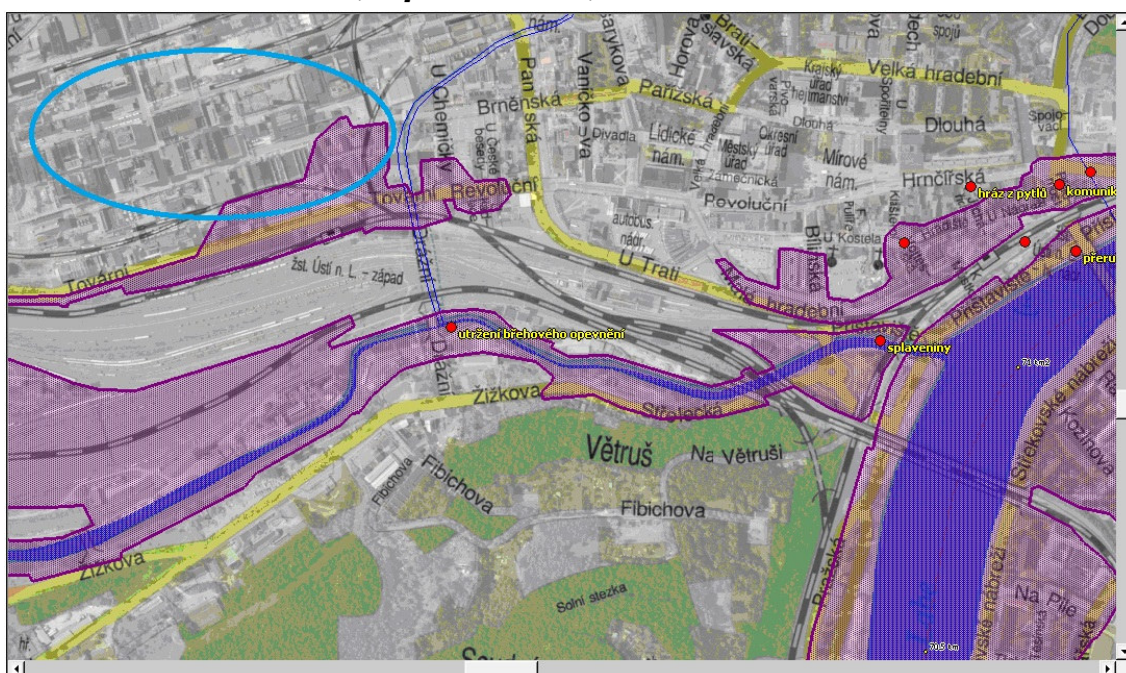
5.1.3 Produkce firmy

Lybar produkuje okolo 60 milionů kusů výrobků ročně v šesti hlavních výrobních oborech:

- Vlasová kosmetika: Lybar, Nigell.
- Přípravky proti hmyzu: Biolit, repelenty, přípravky na ochranu rostlin, přípravky proti vším.

- Veterinární přípravky: Jonathan, Difussil V, Orthosan V.
- Autokosmetika Coyote: autokosmetika, brzdové kapaliny, kapaliny do ostřikovačů, mazací a konzervační oleje, nemrznoucí směsi do chladičů, rozmrazovače.
- Přípravky pro domácnost: Citresin, Lynn.
- Tělová kosmetika: Crosser, Identity.

5.2 Ústí nad Labem, Spolchemie, a.s.



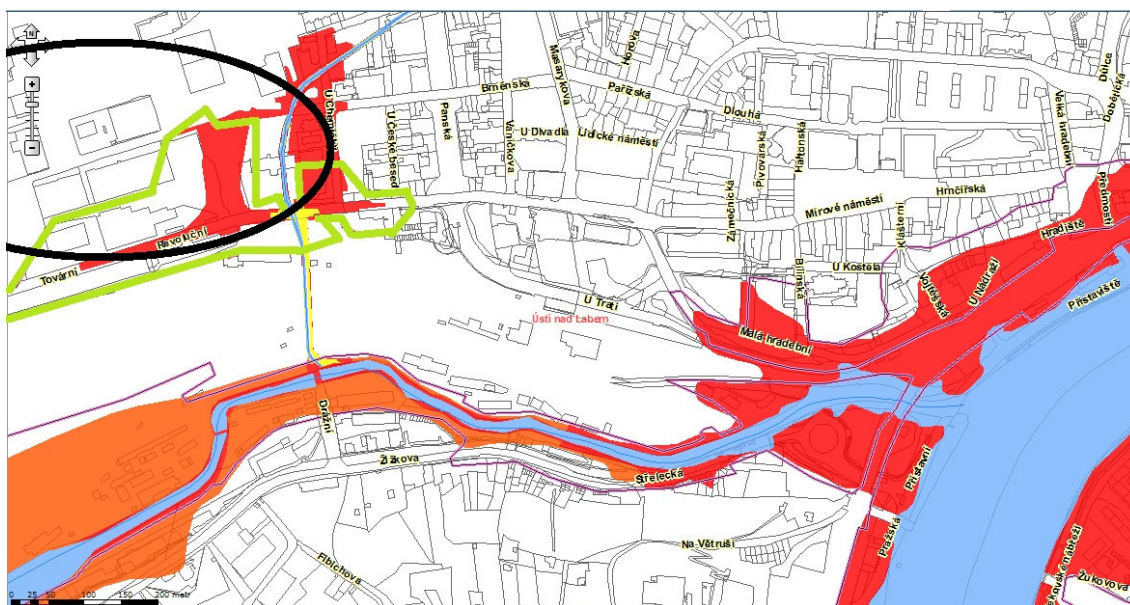
Obr. 17 – Modrou elipsou vyznačený zatopený areál Spolchemie při extrémních povodních v roce 2002 (fialová barva) [4]

5.2.1 Poloha areálu firmy Spolchemie v Ústí nad Labem

Areál chemického závodu Spolchemie, a.s. se nachází v samotném centru Ústí nad Labem, severně v bezprostřední blízkosti železniční stanice Ústí nad Labem – západ. Spolchemie je tak formou vlečkové tratě spojena s železničním koridorem, jež vede do třech hlavních směrů. Firma má dobrou dostupnost směrem na jih do Prahy, na západ do Chebu a dále do Německa a na sever přes Děčín směrem do Německa. Podobně jako Lybar i Spolchemie vyžaduje pro výrobu užitkovou vodu čerpanou z 200 metrů vzdálené řeky Bíliny.

5.2.2 Nejnižší místo areálu firmy ve vztahu k hladině řeky Bíliny, Labe a Klíšského potoka

Nejnižší místo areálu se nachází v jeho jihovýchodní části, kde se spojuje ulice Tovární a U Chemičky. V ulici U Chemičky z podzemí vytéká Klíšský potok, který do této doby teče pod Ústím nad Labem, potok ústí do řeky Bíliny. V nejnižším místě areálu se nachází administrativní budova, v jejíž blízkosti se nachází vstup pro zaměstnance do areálu. GPS souřadnice nejnižšího místa areálu Spolchemie jsou 50°39'32" severní šířky a 14°1'47" východní délky. Nadmořská výška nejnižšího bodu Spolchemie je 142,4 metrů nad mořem. Tato hodnota je uvedena ve výškopisné mapě [3], která byla využita i pro určení nadmořské výšky areálu Lybar. I v tomto případě nebylo snadné určit výšku hladiny řeky Bíliny v nejbližším místě od areálu chemičky (zjišťování výšky hladiny Klíšského potoka není pro areál Spolchemie důležité, ke zvyšování hladiny v případě intenzivnějších srážek prakticky nedochází díky retenční nádrži nacházející se v městské čtvrti Klíše). Říční hlásný profil řeky Bíliny v Ústí nad Labem a jeho evidenční list podává dlouhodobě neúplné informace. K dispozici je pouze hodinová výška hladiny v místě hlásného profilu, v evidenčním listu nejsou žádné hodnoty. Pomocí hodinových hodnot výšky hladiny můžeme určit průměrnou roční výšku hladiny s využitím hlásného profilu v Trmicích. Pokud 30. dubna 2010 byla v Trmicích po celý den měřená hladina výšky 112 cm (což je 2 cm pod ročním průměrem), potom v ten samý den byla v Ústí nad Labem naměřena hodnota 30 cm. Odhadem určíme, že roční průměr výšky hladiny řeky Bíliny v hlásném profilu v Ústí nad Labem je 31 cm. V Ústí nad Labem je koryto řeky Bíliny širší než v Trmicích, to proto, aby případná vyšší hladina řeky nevystupovala mimo toto koryto. Z toho důvodu je průměrná výška hladiny v Ústí nad Labem nižší než v Trmicích. Výhoda širšího koryta pozbývá významu, pokud extrémně stoupne hladina nedaleko protékající řeky Labe. Při takovém extrémním jevu dochází ke vzdouvání směrem z Labe do řeky Bíliny. Pokud se díky řece Labi vzdeme řeka Bílina, řetězově dojde k vzdmutí Klíšského potoka, který těsně míjí areál chemičky. To je důležité, protože právě touto reakcí bývá způsobeno zaplavení areálu Spolchemie. Dle výpočtu o nadmořské výšce hladiny řeky Labe kulminující při povodních v srpnu 2002 na hodnotě 142,91 metrů nad mořem můžeme v porovnání s nejnižším bodem areálu Spolchemie vypočítat přibližnou výšku hladiny v areálu (v jeho části). Hladina kulminující řeky Labe mohla v areálu dosáhnout výšky minimálně 51 cm.



Obr. 18 - Červeně stoletá voda řeky Labe, zeleně oblast dosahu řeky při extrémních povodních v roce 2002, černá elipsa znázorňuje Spolchemii [6]

5.2.3 Produkce firmy

Spolchemie produkuje okolo 500 výrobků ve třech hlavních výrobních oborech:

- Syntetické pryskyřice:
 - Základní a modifikované nízko, středně a vysoko molekulární epoxidové pryskyřice.
- Alkydové a polyuretanové pryskyřice
 - Kalafunové lakařské pryskyřice
 - Vodou rozpustné pryskyřice
 - Finální kompozice z pryskyřic pro použití ve stavebnictví, elektrotechnice a spotřebním průmyslu
 - Syntetické pryskyřice se používají při výrobě nátěrových hmot, ve stavebnictví (penetrační, izolační a nátěrové hmoty, lité podlahoviny, pojiva pro polymerbetony a polymermalty, tmely, stěrky, zálivky), v elektrotechnice ve spotřebním průmyslu a dalších.
- Základní anorganické sloučeniny:
 - Hydroxid (louh) sodný a draselný
 - Chlór, kyselina chlorovodíková, chlornan draselný
 - Epichlorhydrin, allylchlorid, prechloretylen

- Speciální anorganické sloučeniny
 - Kyselina fluorovodíková, fluorid sodný
 - Manganistan draselný
 - Oxid hlinitý, umělý korund

Výrobky těchto oborů nacházejí uplatnění prakticky ve všech průmyslových oborech, v chemii a petrochemii, papírenství, sklářství, strojírenství, elektrotechnice, farmacii, potravinářském průmyslu, energetice, při úpravě vody, ve stavebnictví atd.

5.3 Ústí nad Labem, STZ, a.s.



Obr. 19 - Červeně stoletá voda řeky Labe, žlutě hranice řeky při extrémních povodních v roce 2002, modře areál firmy STZ [6]

5.3.1 Poloha firmy STZ v Ústí nad Labem

Areál chemického závodu STZ, a.s. (dříve Setuza) se nachází v Ústí nad Labem na pravém břehu řeky Labe ve městské části Střekov. Leží západně pod vrchem Sedlo (284 m n. m.), ovšem na západ a na jih od areálu firmy se nachází samotná městská čtvrť s obytnými domy. Areál se nachází v bezprostřední blízkosti železniční stanice Ústí nad Labem – Střekov, tudíž má firma dobrou dopravní obslužnost. Leží na stejném železničním koridoru jako chemička Spolchemie, STZ má tak snadný přístup na západ

(Cheb a dále do Německa), na sever (Děčín a dále do Německa) a na jih (směrem na Prahu a dále).

5.3.2 Nejnižší místo areálu firmy ve vztahu k hladině řeky Labe

Nejnižší místo areálu se nachází v jeho severozápadní části, v místě automobilového parkoviště pro zaměstnance firmy, čelně proti výjezdu z mostu E. Beneše přes řeku Labe. Tato nejnižší kóta má hodnotu 147,19 metrů nad mořem. Vycházelo se přitom opět z výškopisné mapy Portálu veřejné správy České republiky [3]. GPS souřadnice tohoto nejnižšího bodu jsou 50°39'20" severní šířky a 14°3'4" východní délky. Při extrémních povodních v srpnu roku 2002 byl provoz firmy Setuza pozastaven. Voda v samotném podniku nebyla, podnik byl odříznut či odpojen od veškeré infrastruktury (pitná voda, elektřina, dopravní obslužnost). Také mnoho zaměstnanců nemohlo během tohoto výjimečného stavu přijít do práce. To proto, že se sami zaměstnanci starali o svůj Labem vyplavený majetek. Firma tak měla ztráty pouze ze zdržení výroby, nevykázala však žádné materiální ani ekologické škody. Důležitou roli tak sehrála nadmořská výška položení firmy. Dle evidenčního listu z hlásného profilu řeky Labe v Ústí nad Labem provozovaným Českým hydrometeorologickým ústavem můžeme určit rozdíl mezi nadmořskou výškou podniku a nadmořskou výškou záplavové hladiny. Nula vodočtu v hlásném profilu činí 130,95 m n. m. a naměřená kulminační výška hladiny ze dne 16. srpna 2002 při extrémních povodních činila 11,96 metrů. Přičtením této výšky hladiny k nule vodočtu dostaneme 142,91 metrů nad mořem. V této nadmořské výšce tak hladina Labe kulminovala v hlásném profilu. Rozdíl mezi výškou hladiny v místě hlásného profilu a výškou hladiny na břehu rozlitého Labe je minimální. Proto určujeme rozdílem nadmořské výšky podniku a kulminační hladiny Labe skutečnost, že k dosažení areálu Setuzy chybělo řece Labi ještě 4,28 metrů.

5.3.3 Produkce firmy

Sortiment výroby společnosti STZ tvoří tři skupiny, a to potravinářské výrobky, výrobky spotřební drogerie a biopaliva. Doplnkovou výrobou jsou šroty jako zemědělská produkce či biomasa pro spalování.

- Potravinářské výrobky: rostlinné oleje Vegetol, Lukana, Ceresol
- Spotřební drogerie:
 - prací prostředky Jelen, Titan, Merkur, Namol, Hanka,

- aviváže Merkur,
- mýdla Soté, Elida, Jaro, Šeřík,
- kosmetické produkty Pitralon, Olimon, Don.
- Biopaliva: metylestery mastných kyselin (FAME)
- Velkoobjemové produkce: rafinované rostlinné oleje, surové rostlinné oleje (především řepkový olej, slunečnicový olej), extrahované šroty

Evidenční list hlásného profilu

Stanice kategorie : **A**

Tok: **Bílina** Stanice: **Trmice**
 Kraj: **Ústecký kraj** ORP: **Ústí nad Labem** Obec: **Trmice**

Provozovatel stanice: **ČHMÚ Ústí nad Labem**
 Centrum automatického sběru dat: **RPP ČHMÚ Ústí nad Labem**

Staničení: **4,50** [km] Číslo hydrologického pořadí: **1-14-01-092**
 Plocha povodí: **932,27** [km²] Zeměpisné souřadnice: **140018 v.d. 503848 s.š.**
 Nula vodočtu: **139,58** [m.n.m.] B Procento plochy povodí toku: **90,0**

Stupně povodňové aktivity: [cm] [m³.s⁻¹] Platnost SPA pro úsek toku:
 bdělost **170** **19,0** **Koštov - Trmice**
 pohotovost **190** **25,0** Kritické místo:
 ohrožení **230** **37,0**

Průměrný roční stav: **114** [cm] N-leté průtoky: Q₁ Q₅ Q₁₀ Q₅₀ Q₁₀₀
 Průměrný roční průtok: **6,50** [m³.s⁻¹] [m³.s⁻¹] **17,0 28,0 38,0 86,0 120**

Odesílatel zpráv: Četnost hlášení SPA: I. **2 x denně**
MěÚ Trmice II. **3 x denně**
 III. **3hodinové hlášení**

Odesílatel podá zprávu: Spojení na adresáta: Příjemce dále vyrozumí:
 Magistrát města Ústí nad Labem 475241668, 607993166,
 607993156

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
297	13.08.2002	205	31.01.1982
200	24.05.1978	180	08.02.1980
175	06.08.1983	178	06.04.1997
138	04.05.1997	173	19.03.1998

Mapa v měřítku 1:50 000 :



Popis umístění profilu :
 u lávky pro pěší, levý břeh

240

[AKTUALIZACE : březen 2006]

Obr. 20 - Evidenční list hlásného profilu řeky Bíliny, Trmice [2]

6 Softwarový model

Zadáním této bakalářské práce bylo vytvoření softwaru určující odhad střední doby do extrémních vodních srážek a povodní na území České republiky. Po provedení rešeršní činnosti a zhodnocení těchto nalezených informací nacházíme obvyklé 2 způsoby vzniku povodní. Povodně vznikají především v důsledku extrémního srážkového úhrnu, vznikají také na jaře při tání sněhové pokrývky. Vytvořit model pro povodně vznikající jarním táním je náročné i z hlediska hydrologického, a tak byly pro tento model využity pouze vstupy týkající se extrémních vodních srážek a výšky hladin vodních toků na území České republiky. Odhad střední doby byl pak převeden na odhad rizika vzniku či výskytu povodně. Riziko bylo určováno pomocí Analýzy způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA) popsané v kapitole 4. Slovní ohodnocení rizika pak určí odhad střední doby do výskytu povodně.

Pro tento model se tak vycházelo z toho faktu, že povodně vznikají především jako důsledek extrémních srážek. Tání jarního sněhu se v tomto modelu neuvažovalo.

6.1 Vznik modelovacího softwaru, stručný popis softwaru

Pro vznik tohoto modelovacího softwaru bylo vybráno vývojové prostředí programu Delphi 7.0. Delphi je integrované grafické prostředí firmy Borland určené pro tvorbu aplikací na platformě MS Windows v jazyce Object Pascal, tedy objektové nástavbě Pascal). Obsahuje systém Rapid Application Development, který umožňuje vizuální návrh grafického uživatelského rozhraní, na jehož základě je automaticky vytvářena kostra zdrojového kódu, což výrazně urychluje vývojový cyklus. Programování v Delphi je z velké části založeno na použití komponent. Komponenta je malý program (balíček funkcí), který vykonává určitou činnost (například zobrazuje text nebo obrázky, přehrává multimédia, komunikuje s databází, zprostředkovává FTP přenos, atd...).

Software byl navržen tak, aby měl co nejjednodušší ovládání pro uživatele zkoumajícího riziko výskytu povodně. Zadávání jednotlivých položek probíhá pomocí komponenty ComboBox, tedy rozbalovacího seznamu. V tomto seznamu jsou zadány a seřazeny položky jednotlivých typů vstupů. Tyto položky mají přiřazené hodnoty (míry) rizika výskytu povodně. Dále jsou v softwaru užity čtyři komponenty Edit, tedy políčka, ve kterých může uživatel měnit zadávanou hodnotu. Po zadání uživatelem definovaných hodnot v tomto dílčím stanovení rizika následuje výpočet. Ten je spuštěn komponentou

Button, (tlačítkem). Výstupem tohoto výpočtu je opět číselně ohodnocená míra rizika. Uživatel tak může počítat riziko z až devíti zadaných vstupů, pro výpočet ovšem nemusí využít všechny vstupy. Výpočet celkové míry rizika je spuštěn druhou komponentou Button. Výsledkem výpočtu je celková míra rizika vyplývající ze zadaných vstupů v tomto modelu. Jedná se o výpočet aritmetického průměru zadávaných hodnot, přičemž metoda aritmetického průměru dostatečně určí celkovou míru rizika. Tato míra rizika je současně stručně slovně ohodnocena. Uživatel tak získává stručný náhled na rizikovost výskytu povodně. Software bude podrobněji popsán v následující kapitole.

6.2 Podrobnější popis modelovacího softwaru

V této kapitole bude podrobněji popsán modelovací software, dílčí modely pro určení rizika. Tedy jaké položky do modelu vstupují s jejich možnostmi výběru a co je výstupem tohoto modelu. I když se v dílčích modelech softwaru může lišit množství hodnot, které jsou na výběr, je míra rizika vždy hodnocena stupnicí 1 až 10. Míra rizika s hodnotou 1 představuje zcela minimální riziko výskytu povodně, naopak míra rizika s hodnotou vyšší představuje extrémní riziko výskytu povodně. Riziko je pokaždé slovně ohodnoceno. Pro slovní ohodnocení se vychází ze základní předlohy:

- Normální stav, bez povodňového rizika,
- Bez povodňového rizika,
- Nízké povodňové riziko,
- Střední povodňové riziko,
- Vyšší povodňové riziko,
- Vysoké povodňové riziko,
- Velmi vysoké povodňové riziko,
- Extrémní povodňové riziko,
- Velmi extrémní povodňové riziko,
- Katastrofální povodňové riziko.

Toto slovní ohodnocení není stejné pro všechny dílčí modely určující dílčí riziko. Může být obměněno a přizpůsobeno tak pro svůj typ vstupních hodnot. U každé položky dílčího rizika či u výpočtu celkového rizika se nachází skryté informace o dané dílčí části programu. Skryté informace se zobrazí po kliknutí na přidružený modrý obrázek obsahující bílé „i“. V těchto informacích jsou zaneseny zdroje, odkud čerpáme

data pro vstupy do dílčích modelů, stručný popis daného dílčího modelu nebo zmenšený obrázek (mapu, graf,...) obsahující data pro vstup.

6.2.1 1. dílčí riziko – průměrný roční úhrn srážek na daném území

Prvním vstupem do modelu je odhadovaný rozsah spadlých vodních srážek na daném území v rámci České republiky. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu z deseti možností (jedenáctá možnost je „informace nezjištěny“ – tato možnost se vyskytuje v každé komponentě využitě v tomto softwaru, pokud ji uživatel zvolí, dílčí model nebude pro výpočet výsledné míry rizika využit). Konkrétní hodnoty jsou řazeny vzestupně podle vzrůstajícího rizika výskytu povodně:

- 0 - 450 mm za rok, Nepravděpodobné,
- 450 - 500 mm za rok, Velmi malá pravděpodobnost - zanedbatelné riziko,
- 500 - 550 mm za rok, Velmi malá pravděpodobnost,
- 550 - 600 mm za rok, Velmi malá pravděpodobnost,
- 600 - 650 mm za rok, Velmi malá pravděpodobnost,
- 650 - 700 mm za rok, Střední pravděpodobnost,
- 700 - 800 mm za rok, Vysoká pravděpodobnost, častý výskyt,
- 800 - 1000 mm za rok, Vysoká pravděpodobnost, častý výskyt,
- 1000 - 1200 mm za rok, Velmi vysoká pravděpodobnost, téměř jistý výskyt,
- více než 1200 mm za rok, Velmi vysoká pravděpodobnost, téměř jistý výskyt.

Pokud tedy uživatel vybere, že v dané oblasti spadne více než 1200 mm vodních srážek za rok, potom je riziko výskytu povodně pro tuto oblast rovno hodnotě 10. Hodnoty byly čerpány z mapy průměrného ročního úhrnu srážek v Atlasu podnebí Česka [15]. Zároveň mapa je přílohou formuláře a zjednodušuje uživateli zadat správnou hodnotu.

6.2.2 2. dílčí riziko – úhrn srážek v dané oblasti při povodni 6. – 15. srpna 2002

Druhým vstupem do modelu je odhadovaný rozsah spadlých vodních srážek na daném území v rámci České republiky v časovém období 6. – 15. srpna 2002, kdy se územím České republiky prohnala z historického hlediska významná povodeň. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu ze třinácti možností

(čtrnáctá možnost je „informace nezjištěny“). Konkrétní hodnoty jsou řazeny vzestupně podle vzrůstajícího rizika výskytu povodně:

- 0 - 60 mm, Nepravděpodobné,
- 60 - 100 mm, Velmi malá pravděpodobnost – zanedbatelné riziko,
- 100 - 130 mm, Velmi malá pravděpodobnost,
- 130 - 170 mm, Malá pravděpodobnost,
- 170 - 200 mm, Malá pravděpodobnost,
- 200 - 240 mm, Střední pravděpodobnost,
- 240 - 270 mm, Střední pravděpodobnost,
- 270 - 310 mm, Vysoká pravděpodobnost, častý výskyt,
- 310 - 340 mm, Vysoká pravděpodobnost, častý výskyt,
- 340 - 380 mm, Vysoká pravděpodobnost, častý výskyt,
- 380 - 410 mm, Velmi vysoká pravděpodobnost, téměř jistý výskyt,
- 410 - 440 mm, Velmi vysoká pravděpodobnost, téměř jistý výskyt,
- 440 - 480 mm, Velmi vysoká pravděpodobnost, téměř jistý výskyt.

Aby byla naplněna stupnice rizika 1 až 10, muselo být těchto třináct zadatelných položek rozmělněno a přizpůsobeno právě pro tuto stupnici. Některé z hodnot tak musely být ohodnoceny stejným rizikovým číslem. Stejně rizikové číslo (2) obdržely druhá a třetí položka, trojkou byly ohodnoceny čtvrtá a pátá položka, čtyřkou šestá a sedmá položka. Opakující se riziko bylo vybráno u nižších hodnot záměrně. To proto, že u nízkého úhrnu srážek na daném území je riziko výskytu povodně stále nízké. Mapa úhrnu srážek v dané oblasti při povodni 6. - 15. srpna 2002 byla získána na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu [1].

6.2.3 3. dílčí riziko – úhrn srážek v dané oblasti při povodni 4. – 8. července 1997

Třetím vstupem do modelu je odhadovaný rozsah spadlých vodních srážek na daném území v rámci České republiky v časovém období 4. – 8. července 1997, kdy se územím České republiky prohnala také z historického hlediska významná povodeň. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu z osmi možností (devátá možnost je „informace nezjištěny“). Konkrétní hodnoty jsou řazeny vzestupně podle vzrůstajícího rizika výskytu povodně:

- 0 - 50 mm, Nepravděpodobné,

- 50 - 100 mm, Velmi malá pravděpodobnost – zanedbatelné riziko,
- 100 - 200 mm, Velmi malá pravděpodobnost,
- 200 - 300 mm, Malá pravděpodobnost,
- 300 - 400 mm, Střední pravděpodobnost,
- 400 - 500 mm, Vyšší pravděpodobnost,
- 500 - 600 mm, Vysoká pravděpodobnost, častý výskyt,
- více než 600 mm, Velmi vysoká pravděpodobnost, téměř jistý výskyt.

Aby byla naplněna stupnice rizika 1 až 10, muselo být těchto osm zadatelných položek rozmělněno a přizpůsobeno právě pro tuto stupnici. Některá riziková čísla tak byla z přiřazení k hodnotám vyloučena. Zadatelných položek je osm, zatímco rizikové číslo je určováno desetihodnotovou stupnicí. Bylo vynecháno rizikové číslo s hodnotou 2 a 6. Mapa úhrnu srážek v dané oblasti při povodni 4. – 8. července 1997 byla získána na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu [1].

6.2.4 4. dílčí riziko – modelová situace, výška objektu od hladiny řeky

Čtvrtým vstupem do modelu je porovnávání rozdílu nadmořské výšky zvoleného bodu a nadmořské výšky dna nejbližšího vodního toku s jednotlivými hladinami stupňů povodňové aktivity. Stručně, pokud výška hladiny prvního stupně povodňové aktivity vodního toku přesáhne nadmořskou výšku zvoleného bodu, bude v tomto bodě velké riziko výskytu povodně. Pokud je zvolený bod několikanásobněkrát výš než hladina třetího stupně povodňové aktivity, riziko výskytu povodně rapidně klesá. Uživatel tyto výšky udávané v metrech zadá z klávesnice do příslušných komponent Edit. Komponentou Button s názvem „vypočti riziko“ uživatel vypočte riziko výskytu povodně v okolí daného bodu. Sestupně jsou pak tyto rizika hodnocena takto (stupnice 10 až 1):

- Bod je v hladině 1. SPA, velmi extrémní riziko,
- Bod je v hladině 2. SPA, extrémní riziko,
- Bod je v hladině 3. SPA, velmi vysoké riziko,
- Bod je nad hladinou 3. SPA, vysoké riziko,
- Bod je nad hladinou 3. SPA, vyšší riziko,
- Bod je nad hladinou 3. SPA, střední riziko,
- Bod je nad hladinou 3. SPA, malé riziko,

- Bod je nad hladinou 3. SPA, velmi malé riziko,
- Bod je nad hladinou 3. SPA, minimální riziko,
- Bod je nad hladinou 3. SPA, zanedbatelné riziko.

Softwarem jsou porovnávány všechny zadané výšky tak, aby byla zjištěna poloha zvoleného bodu vůči jednotlivým hladinám stupně povodňové aktivity daného vodního toku. Pokud software vyhodnotí, že zadaný bod je výš než hladina třetího stupně povodňové aktivity, je potom výška zvoleného bodu porovnávána k násobkům výšky hladiny třetího stupně povodňové aktivity. Násobky mají vzestupnou tendenci. Přírůstek následujícího násobku je dvojnásobkem rozdílu předchozích násobků. První násobek byl stanoven 1,2, druhý násobek byl stanoven 1,4. Následující násobky jsou tedy 1,8, 2,6, 4,2 a 7,4. Pokud je v tomto modelu zvolený bod výše více jak 7,4 násobek třetího stupně povodňové aktivity daného říčního toku, je riziko výskytu povodně ohodnoceno jedničkou. Pro výpočet tohoto dílčího modelu musí být vyplněny všechny čtyři komponenty Edit, jinak dílčí model pozbývá smyslu. Výšky jednotlivých stupňů povodňové aktivity získáme z Evidenčních listů hlásných profilů. Tyto evidenční listy jsou dostupné online na internetových stránkách Hlásné a předpovědní povodňové službě [2].

6.2.5 5. dílčí model – průtok řeky Labe v Děčíně v m^3/s v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt

Pátým vstupem do modelu je odhadovaný průtok řeky Labe v Děčíně v m^3/s v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu z deseti možností (jedenáctá možnost je „informace nezjištěny“). V tomto dílčím modelu platí, že čím vyšší průtok, tím menší rizikové číslo výskytu povodně. Konkrétní hodnoty jsou řazeny sestupně podle velikosti průtoku, neboli množství vody [m^3/s]:

- 6000 a více,
- 5000 - 6000 (povodeň v roce 1845),
- 4500 - 5000 (povodeň v roce 2002),
- 4000 - 4500 (100letý průtok),
- 3000 - 4000 (50letý průtok),
- 2000 - 3000 (5 - 10letý průtok),
- 1200 - 2000 (3. SPA),

- 800 - 1200 (1. a 2. SPA),
- 400 - 800 (bez povodňového rizika),
- 0 - 400 (normální stav).

Děčín ležící na řece Labi je místem s nejnižší nadmořskou výškou v České republice, poskytující evidenční list říčního hlásného profilu. Teoreticky by tak v Děčíně a směrem ke státní hranici ve Hřensku měl být vždy průtok řeky Labe největší. Pomocí komponent ComboBox nelze sestavit obecný model, který by pomohl určit míru rizika pro celou Českou republiku s využitím konkrétních výšek hladin konkrétních vodních toků. Jeden z nejjednodušších obecných modelů byl představen v kapitole 6.2.4. Labe tak bylo vybráno pro jeden ze vzorových modelů proto, že se jedná o největší řeku na území České republiky. Informace o jevech při určitém průtoku byly získány z evidenčních listů hlásných profilů [2] a ze stránek Českého hydrometeorologického ústavu, z dokumentu Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 [1].

6.2.6 6. dílčí model – průtok řeky Vltavy v Praze v m^3/s v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt

Šestá vstupem do modelu je odhadovaný průtok řeky Vltavy v Praze v m^3/s v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu z deseti možností (jedenáctá možnost je „informace nezjištěny“). V tomto dílčím modelu platí, že čím vyšší průtok, tím menší rizikové číslo výskytu povodně. Konkrétní hodnoty jsou řazeny sestupně podle velikosti průtoku, neboli množství vody [m^3/s]:

- 5500 a více,
- 5000 - 5500 (povodeň v roce 2002),
- 4500 - 5000 (povodeň v roce 1845),
- 4000 - 4500 (povodeň v roce 1890),
- 3000 - 4000 (50 - 100letý průtok),
- 2000 - 3000 (10letý průtok),
- 1200 - 2000 (3. SPA, 5letý průtok),
- 800 - 1200 (2. SPA),
- 400 - 800 (1. SPA),
- 0 - 400 (normální stav).

Praha ležící na řece Vltavě je hlavním městem České republiky. Teoreticky by tak v Děčíně a směrem ke státní hranici ve Hřensku měl být vždy průtok řeky Labe největší. Pomocí komponent ComboBox nelze sestavit obecný model, který by pomohl určit míru rizika pro celou Českou republiku s využitím konkrétních výšek hladin konkrétních vodních toků. Jeden z nejjednodušších obecných modelů byl představen v kapitole 6.2.4. Vltava tak byla vybrána pro jeden ze vzorových modelů proto, že se jedná o řeku protékající hlavním městem. V Praze jakožto hlavním městě mohou při povodni vznikat obrovské materiální škody (zatopené metro, zničená infrastruktura,...). V Praze sídlí hlavní správní sídla České republiky, která tak mohou být vodou ohrožena. Informace o jevech při určitém průtoku byly získány z evidenčních listů hlášených profilů [2] a ze stránek Českého hydrometeorologického ústavu, z dokumentu Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 [1].

6.2.7 7. dílčí model – perioda výskytu povodně na daném území

Sedmým vstupem do modelu je zadání periody výskytu povodně na daném území. Tento model je obecný a je aplikovatelný na libovolný vodní tok. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu z dvanácti možností (třináctá možnost je „informace nezjištěny“). Konkrétní hodnoty jsou řazeny vzestupně podle velikosti průtoku, neboli množství vody:

- jednou za více jak 1000 let,
- jednou za 500 - 1000 let,
- jednou za 200 - 500 let,
- jednou za 100 - 200 let,
- jednou za 100 let,
- jednou za 50 let,
- jednou za 20 let,
- jednou za 10 let,
- jednou za 5 let,
- jednou za 2 roky,
- jednou ročně,
- vícekrát ročně.

Aby byla naplněna stupnice rizika 1 až 10, muselo být těchto dvanáct zadatelných položek rozmělněno a přizpůsobeno právě pro tuto stupnici. Některé

z hodnot tak musely být ohodnoceny stejným rizikovým číslem. Stejné rizikové číslo (2) obdržely druhá a třetí položka, devítkou byly ohodnoceny desátá a jedenáctá položka. Opakující se riziko bylo vybráno u těchto hodnot záměrně, položky skýtají přibližně stejné riziko výskytu povodně.

6.2.8 8. dílčí model – druh zeminy v podloží okolí vodního toku

Osmým vstupem do modelu je zadání druhu zeminy v podloží okolí vodního toku. Tento model je obecný a je aplikovatelný na libovolný vodní tok. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu z osmi možností (devátá možnost je „informace nezjištěny“). Při povodni záleží také na typu půdy v okolí vodního toku. V této bakalářské práci není tato úvaha podrobněji hodnocena, neboť kromě samotného půdního typu záleží také na její konzistenci. Záleží na tom, zda-li je daná například hlinitá půda před povodní vyschlá či naopak přesycená vodou. Tyto rozdíly mají nemalý vliv na savost půdy, která může být při extrémních bleskových srážkách rozhodující. Konkrétní hodnoty jsou řazeny vzestupně podle velikosti průtoku, neboli množství vody:

- písčítá, Nepravděpodobné,
- písčitohlinitá, Velmi malá pravděpodobnost – zanedbatelné riziko,
- hlinitopísčítá, Velmi malá pravděpodobnost,
- hlinitá, Malá pravděpodobnost,
- jílovitohlinitá, Střední pravděpodobnost,
- hlinitojílovitá, Vyšší pravděpodobnost,
- jílovitá, Vysoká pravděpodobnost, častý výskyt,
- skalnatá, Velmi vysoká pravděpodobnost, téměř jistý výskyt.

Aby byla naplněna stupnice rizika 1 až 10, muselo být těchto osm zadatelných položek rozmělněno a přizpůsobeno právě pro tuto stupnici. Některá riziková čísla tak byla z přiřazení k hodnotám vyloučena. Zadatelných položek je osm, zatímco rizikové číslo je určováno desetihodnotovou stupnicí. Bylo vynecháno rizikové číslo s hodnotou 2 a 6.

6.2.9 9. dílčí riziko – neoficiální údaje o výskytu povodně

Devátým vstupem do modelu jsou neoficiální údaje o výskytu povodně. Tento model je obecný a je aplikovatelný na libovolný vodní tok. Zadává se pomocí komponenty ComboBox. Uživatel zde vybere jednu z deseti možností (jedenáctá

možnost je „nevím“). Hodnoty v tomto modelu jsou pouze fiktivní údaje – do modelu se tyto údaje mohou zadat díky výpovědi starousedlíků v okolí vodních toků, historických údajů z místních kronik či analů. Pro tento model byla teoreticky oslovena smyšlená žena, která mohla zcela teoreticky odpovídat dle možností v komponentě ComboBox tohoto dílčího modelu. Jako možnosti pro stanovení rizika byly vybrány tyto:

- nikdy neslyšela o povodni, nikde není v kronice zmínka,
- rodiče z vyprávění slyšeli o povodni,
- za mého života zde byla povodeň,
- v posledních dvaceti letech zde byla povodeň,
- v posledních deseti letech zde byla povodeň,
- v posledních pěti letech zde byla povodeň,
- loni nebo letos zde byla povodeň,
- obvykle každý rok zde bývá povodeň,
- vícekrát za rok zde bývá povodeň,
- takřka pořád je zde povodeň.

Na základě četnosti výskytu povodně byly opět tyto možnosti ohodnoceny číselně i slovně. Tento model je zmíněn proto, že se opravdu mohou naskytnout neoficiální zdroje informací vycházející například z kronik. Český hydrometeorologický úřad [1] má pouze data z omezeného časové období ne starší než 150 let, čili je pravděpodobně možné dohledat i zmínky o povodních z hlubší historie, kdy ještě neprobíhalo oficiální měření.

6.2.10 Oblast výpočtu celkového rizika

V pravé části programu se nachází tlačítko, díky němuž spočteme celkové riziko založené na správnosti vyplnění vstupů jednotlivých dílčích modelů. Výpočet celkového rizika proběhne po kliknutí na komponentu Button označenou „celkové riziko“. Jak již bylo zmíněno, celkové riziko bylo stanoveno jako aritmetický průměr z dílčích rizik modelů, které byly uživatelem vyplněny. Výsledek výpočtu tohoto aritmetického průměru se zobrazí pod komponentou Button jako číslo zaokrouhlené na dvě desetinná místa. V informacích dostupných po kliknutí na informační obrázek pod výsledkem uživatel nalezne stručné slovní ohodnocení celkového rizika. To porovná s výsledkem výpočtu aritmetického průměru. Riziko výskytu povodně má tuto stupnici:

- Prakticky nulové,

- Velmi nepravděpodobné,
- Velmi malé,
- Malé,
- Střední,
- Vyšší,
- Vysoké,
- Velmi vysoké,
- Extrémní,
- Velmi extrémní.

Obr. 21 - Ukázka použití softwaru pro výpočet rizika výskytu povodně

6.3 Aplikace vybraných oblastí z kapitoly 5 na model

Software je potřeba názorně vyzkoušet na vybraných oblastech definovaných v kapitole 5. Tyto tři konkrétní oblasti, areál firmy Lybar, Spolchemie, STZ, byly vybrány zcela záměrně. Každý areál má vůči blízkému vodnímu toku specifickou polohu. Navíc se jedná ve všech třech případech o chemické závody, proto riziko výskytu povodně v blízkosti areálu může hrát roli pro případná protipovodňová opatření. Toto teoretické riziko pro každou oblast určíme díky výstupu ze softwarového modelu. Při popisu zjišťování vstupů pro jednotlivé areály budeme postupovat chronologicky dle pořadí zadávání vstupů v prostředí softwaru. Tedy ve stejném pořadí, v jakém byly jednotlivé vstupy popsány v kapitole 6.2.

6.3.1 Aplikace areálu firmy Lybar na model

6.3.1.1 Zjištění vstupů pro areál firmy Lybar

Z mapy průměrného ročního úhrnu srážek bylo odečteno, že v dané oblasti spadne přibližně 550 – 600 mm srážek za rok, to nám generuje rizikové číslo čtyři, tedy velmi malou pravděpodobnost výskytu povodně. Podle mapy úhrnu srážek v dané oblasti při povodni 6. – 15. srpna 2002 spadlo v okolí firmy Lybar přibližně 240 – 270 mm srážek, což je opět rizikové číslo čtyři, tentokrát střední pravděpodobnost výskytu povodně. Všimněme si, že srážky naměřené za 9 dní během povodní v roce 2002 jsou více jak třetinou celoročních srážek v dané oblasti. Riziko vzniku povodně je proto větší. Třetím údajem jsou srážky v dané oblasti při povodni 4. – 8. července 1997. Podle dané úhrnové mapy zde spadlo méně jak 50mm. To je dáno tím, že během povodní v roce 1997 pršelo vydatněji pouze na Moravě a ve Slezsku. Zde nám vychází rizikové číslo jedna.

Vzhledem k tomu, že se nejbližší říční hlásný profil od firmy Lybar nachází až v Trmicích, musí vstupy vycházet z tamního evidenčního listu hlásného profilu. Jeho data se pro potřeby firmy Lybar upraví tak, jak je uvedeno v kapitole 5.1.2. Vyplývá z toho, že od veškerých uvedených výšek hladin odečteme 20 cm. Tak stanovíme a do softwaru zadáme, že výška hladiny 1. stupně povodňové aktivity (dále SPA) řeky Bíliny v blízkosti areálu firmy Lybar je přibližně 150 cm. Výška hladiny 2. SPA řeky Bíliny v blízkosti areálu firmy Lybar je zhruba 170 cm a výška hladiny 3. SPA je přibližně 210 cm. Nyní zbývá vypočítat rozdíl nadmořské výšky areálu firmy Lybar a nadmořské výšky dna řeky v okolí této firmy. Nadmořská výška nejnižšího místa areálu je 173,25 metrů, přibližně určená nadmořská výška dna koryta je 170,5 metrů. Rozdíl činí 2,75 metrů. Toto číslo zadáme do příslušné komponenty Edit v softwaru. Stiskem tlačítka „vypočti riziko“ dostáváme výsledné rizikové číslo šest. Areál firmy sice zůstává nad hladinou 3. SPA, hrozí však vyšší riziko výskytu povodně.

Průtok řeky Labe a Vltavy pro tento příklad vynecháme, neboť ani jedna z řek nijak přímo neohrožuje samotnou firmu Lybar. Výjimka by nastala, kdyby řeka Labe dosáhla takové výšky hladiny, aby vzduťím řeky Bíliny došlo k zatopení areálu. Ve známé historii (oficiálně měřené) k podobné situaci nikdy nedošlo. Určíme další hodnotu, a to periodu výskytu povodně na tomto území. Fakticky, řeka Bílina v tomto místě dosahuje alespoň 1. SPA minimálně jednou za rok. Vybíráme tedy položku „jednou ročně“. Dostáváme rizikové číslo devět s velmi vysokou pravděpodobností

výskytu povodně. Areál se nachází převážně na hlinitém podkladu, proto vybíráme tuto možnost s rizikovým číslem pět, což značí malou pravděpodobnost výskytu povodně. Poslední položkou je neoficiální údaj o výskytu povodně. Dle starousedlíků se v této lokalitě vyskytuje povodeň vícekrát za rok. Dostáváme rizikové číslo devět s velmi vysokou pravděpodobností výskytu povodně.

6.3.1.2 Výstup softwaru pro model firmy Lybar

Abychom dostali hodnotu výsledného rizika sestaveného ze vstupů v předchozí kapitole, stačí stisknout tlačítko v pravé části softwaru. Po stisknutí dostáváme hodnotu 5,43. Dle informační tabulky se tato lokalita pohybuje mezi středním a vyšším rizikem výskytu povodní. Znamená to, že po nepatrném zvýšení se hladiny řeky nad kótu 3. SPA dojde k vniknutí vody do areálu firmy a tím k jejímu zaplavení. V konkrétním případě stačí, aby na jaře došlo k výraznému oteplení (s důsledkem tání sněhu v Krušných horách) za doprovodu vydatných dešťů a dojde k nekompromisnímu zatopení areálu.

6.3.2 Aplikace areálu firmy Spolchemie na model

6.3.2.1 Zjištění vstupů pro areál firmy Spolchemie

Z mapy průměrného ročního úhrnu srážek bylo odečteno, že v dané oblasti spadne přibližně 550 – 600 mm srážek za rok, to nám generuje rizikové číslo čtyři, tedy velmi malou pravděpodobnost výskytu povodně. Podle mapy úhrnu srážek v dané oblasti při povodni 6. – 15. srpna 2002 spadlo v okolí firmy Spolchemie přibližně 240 – 270 mm srážek, což je opět rizikové číslo čtyři, tentokrát střední pravděpodobnost výskytu povodně. Všimněme si, že srážky naměřené za 9 dní během povodní v roce 2002 jsou více jak třetinou celoročních srážek v dané oblasti. Riziko vzniku povodně je proto větší. Třetím údajem jsou srážky v dané oblasti při povodni 4. – 8. července 1997. Podle dané úhrnové mapy zde spadlo méně jak 50 mm. To je dáno tím, že během povodní v roce 1997 pršelo vydatněji pouze na Moravě a ve Slezsku. Zde nám vychází rizikové číslo jedna. Tyto údaje jsou ekvivalentní s údaji u aplikace modelu na firmu Lybar.

Firma Spolchemie nemá jednoduché spojení s jedinou řekou. Jak bylo uvedeno v kapitole 5.2.2, areál firmy je ovlivňován třemi vodními toky. Je ovlivňován nejbližším Klíšským potokem, který je z těchto toků současně nejmenším tokem. Druhou, vzdálenější řekou je řeka Bílina, do které se vlévá Klíšský potok. Řeka Bílina se po

několika stovkách metrů levostraně vlévá do řeky Labe. V případě příchodu záplavové vlny řeky Labe se výška hladiny řeky Bíliny a následně i Klíšského potoka řídí výškou hladiny řeky Labe. Labe tak tyto dvě podřazené vodní toky vzdouvá, čímž v krajním případě dochází k zaplavování areálu firmy Spolchemie. Pro tento model tak využijeme evidenční list hlásného profilu řeky Labe umístěného v Ústí nad Labem. Z něj odečteme jednotlivé hladiny SPA, tedy 450 cm, 530 cm a 600 cm. Tyto údaje vyplníme do příslušných políček. Pokud odečteme od nadmořské výšky nejnižšího bodu areálu 142,4 m hodnotu nuly vodočtu, tedy 130,95 m, dostáváme rozdíl 11,45 metrů. Opět toto číslo vyplníme a stiskneme tlačítko pro výpočet dílčího rizika. Vypočtené riziko má hodnotu čísla čtyři, kdy areál je nad hladinou 3. SPA a hrozí mu malé riziko zaplavení (naposledy byl areál zaplaven při povodni v roce 2002).

Dále využijeme průtok řeky Labe v Děčíně v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt. Při povodních v roce 2002 byl totiž areál firmy Spolchemie přímo zasažen velkou vodou, a tak volíme průtok $4500 - 5000 \text{ m}^3/\text{s}$. V tomto případě nám vzniká riziko s číslem tři, tedy nízké povodňové riziko. Průtok řeky Vltavy v Praze nebude využit ani pro tento příklad. Místo areálu řeka Labe ohrožuje zřídka, proto jako periodu výskytu povodně na daném území stanovíme jako stoletou vodu, s rizikovým číslem čtyři, tedy malou pravděpodobností výskytu povodně. Areál firmy Spolchemie, jakožto téměř celé město Ústí nad Labem stojí na skále – získáváme hodnotu deset pro daný typ zeminy v podloží okolí vodního toku – Velmi vysoká pravděpodobnost výskytu povodně. Nakonec, starousedlíci určují periodu výskytu povodně jako desetiletou vodu s rizikovým číslem pět, což značí velmi malou pravděpodobnost výskytu povodně.

6.3.2.2 Výstup softwaru pro model firmy Spolchemie

Abychom dostali hodnotu výsledného rizika sestaveného ze vstupů v předchozí kapitole, stačí stisknout tlačítko v pravé části softwaru. Po stisknutí dostáváme hodnotu 4,38. Dle informační tabulky se tato lokalita pohybuje na území mezi malým a středním výskytem povodní. Znamená to, že teoreticky stačí, aby přišla zhruba 50letá voda a hladina řeky Labe se tak dostane k bráně areálu firmy. Pokud by přišla povodeň s delší periodou opakování, pak by došlo k zaplavení významného chemického závodu a mohlo by tak dojít k úniku přírodě a lidem nebezpečných látek.

Obr. 22 - Aplikace softwaru na areál firmy Spolchemie

6.3.3 Aplikace areálu firmy STZ na model

6.3.3.1 Zjištění vstupů pro areál firmy STZ

Z mapy průměrného ročního úhrnu srážek bylo odečteno, že v dané oblasti spadne přibližně 550 – 600 mm srážek za rok, to nám generuje rizikové číslo čtyři, tedy velmi malou pravděpodobnost výskytu povodně. Podle mapy úhrnu srážek v dané oblasti při povodni 6. – 15. srpna 2002 spadlo v okolí firmy STZ přibližně 240 – 270 mm srážek, což je opět rizikové číslo čtyři, tentokrát střední pravděpodobnost výskytu povodně. Všimněme si, že srážky naměřené za 9 dní během povodní v roce 2002 jsou více jak třetinou celoročních srážek v dané oblasti. Riziko vzniku povodně je proto větší. Třetím údajem jsou srážky v dané oblasti při povodni 4. – 8. července 1997. Podle dané úhrnové mapy zde spadlo méně jak 50 mm. To je dáno tím, že během povodní v roce 1997 pršelo vydatněji pouze na Moravě a ve Slezsku. Zde nám vychází rizikové číslo jedna. Opět stejná data jako v předchozích aplikacích modelů. Všechny tři firmy se nacházejí na malém území. Sdílejí tak podobné meteorologické jevy. Areály těchto firem se liší v poloze v terénu a v poloze vůči blízkým řekám.

Pro modelovou situaci areálu STZ využijeme opět hlásný profil řeky Labe umístěný v Ústí nad Labem (podobně jako u firmy Spolchemie). Z něj vyplývá 1. SPA o výšce 4,5 metru, 2. SPA o výšce 5,3 metru a 3. SPA o výšce 6 metrů. Dále víme nadmořskou hladinu nejnižšího bodu areálu firmy STZ a nadmořskou výškou nuly vodočtu říčního hlásného profilu. Rozdílem 147,19 – 130,95 dostaneme hodnotu 16,24 metry. Nyní máme všechny potřebné hodnoty pro komponenty Edit našeho

softwaru, proto je můžeme zadat. Po zadání hodnot a následném stisknutí tlačítka pro určení rizika jsme obdrželi rizikové číslo tři. Nejnižší bod areálu je výrazně nad hladinou 3. SPA, ale skýtá velmi malé riziko výskytu povodně.

Dále využijeme průtok řeky Labe v Děčíně v okamžiku, kdy povodně ohrožují náš sledovaný objekt. Areál (obecně ani toto místo) nebyl nikdy v oficiální měřené historii zaplaven, proto volíme průtok řeky Labe vyšší než 6000 m³/s. V tomto případě nám vzniká riziko s číslem jedna, tedy velmi malé povodňové riziko. Průtok řeky Vltavy v Praze nebude využit ani pro tento příklad. Místo areálu řeka Labe neohrožovala nikdy v oficiálně měřené historii, proto jako periodu výskytu povodně na daném území stanovíme jako více jak 1000letou vodu, s rizikovým číslem jedna, tedy nepravděpodobný výskyt povodně. Areál firmy STZ, jakožto téměř celé město Ústí nad Labem stojí na skále – získáváme hodnotu deset pro daný typ zeminy v podloží okolí vodního toku, tedy velmi vysoká pravděpodobnost výskytu povodně. Posledním vstupem pro firmu STZ bude názor starousedlíků či kronik. Nikdo z nich však neslyšel o povodni, která by dosáhla výšky alespoň nejnižšího bodu areálu STZ. Jedná se opět o nepravděpodobné riziko výskytu povodně s rizikovým číslem jedna.

6.3.3.2 Výstup softwaru pro model firmy STZ

Abychom dostali hodnotu výsledného rizika sestaveného ze vstupů v předchozí kapitole, stačí stisknout tlačítko v pravé části softwaru. Po stisknutí dostáváme hodnotu 3,13. Dle informační tabulky se tato lokalita pohybuje na území mezi velmi malým a malým výskytem povodní. Ze zadaných údajů vyplývá, že nikdy ve známé oficiálně měřené historii nebyla povodeň způsobená řekou Labe tak mohutná, aby ohrožovala stávající areál firmy STZ. Největší nevýhodou tohoto umístění je druh zeminy v podloží okolí vodního toku.

7 Závěr

V této bakalářské práci jsme se zabývali zjišťováním informací o výskytu extrémních meteorologických a hydrologických jevů, tedy extrémními vodními srážkami a povodněmi na území České republiky. Výsledky rešeršní činnosti byly využity pro zhotovení modelu, který vypočítává míru rizika výskytu povodně pro uživatelem zvolenou oblast.

Softwarový model, který je výstupem bakalářské práce, byl programován ve vývojovém prostředí Delphi 7.0 programovacím jazykem „object pascal“. Do softwarového modelu vstupují výsledky rešeršní činnosti, přičemž uživatel volí jednotlivé parametry vstupů pro výpočet výsledného rizika. Uživatel si pro tento model určí teoretickou lokální oblast. Ke zvolené oblasti si uživatel dohledá a určí konkrétní hodnoty vstupních parametrů. Parametry může vyhledávat buď ve zdrojích informací této bakalářské práce, nebo vstupní hodnoty odhadne dle vlastního uvážení. Pokud uživatel vyplní vstupní hodnoty, může spočítat celkové riziko výskytu povodně. Pro tento výpočet nemusejí být však v programu zadány všechny vstupní hodnoty, software je naprogramován tak, aby tyto nezadané položky z výpočtu celkové míry rizika byly vynechány. Nedojde tak k negativnímu ovlivnění výpočtu. Výsledné celkové riziko je v informativní tabulce (zobrazitelné po kliknutí na informativní obrázek pod hodnotou celkového rizika) slovně popsáno. Uživatel si tak může udělat přibližnou představu o tom, jaká je míra rizika výskytu povodně v jeho zvolené oblasti.

Výpočty míry rizika tímto modelem mohou v praxi sloužit i jako pomocný faktor pro výběr vhodné lokality, na nichž budou například nově budované průmyslové objekty. Mělo by tím dojít k tomu, že v rámci analýz nepostaví nový objekt v rizikové záplavové oblasti.

Velká voda spojená s povodněmi je velice riziková například právě pro chemické podniky. Ty mohou být vyplaveny, čímž může dojít k úniku nebezpečných chemických látek do okolního prostředí a přírody. V rámci bakalářské práce byly vytvořeny tři analyzované příklady chemických provozů (Lybar Velvěty, STZ a Spolchemie Ústí nad Labem), u kterých bylo zkoumáno jejich celkové riziko spojené s povodněmi a extrémními srážkami. Tyto podniky byly cíleně vybrány, protože jejich riziko je výrazně odlišné.

Zdroje informací

- [1] Český hydrometeorologický ústav [online]. Akt. 6. 4. 2010 [cit. 21. 4. 2010]. <http://www.chmu.cz/>
- [2] Hlásná a předpovědní povodňová služba [online]. Akt. každou hodinu [cit. 30. 4. 2010] <http://hydro.chmi.cz/hpps>
- [3] Portál veřejné správy České republiky – mapové služby [online] Akt. 2010 [cit. 3. 5. 2010]. <http://geoportal.cenia.cz>
- [4] Povodňový plán města Ústí nad Labem [online] Akt. duben 2007 [cit. 3. 5. 2010] <http://www.usti-nl.cz/dpp/>
- [5] Vodohospodářský informační portál [online] Akt. každou hodinu [cit. 30. 4. 2010] <http://www.voda.gov.cz/>
- [6] Mapový portál Ústí nad Labem – záplavové území [online] Akt. http://mapy.mag-ul.cz/Zaplavove_uzemi_ul/
- [7] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online] <http://cs.wikipedia.org>
- [8] Spolek pro chemickou a hutní výrobu, akciová společnost [online] <http://www.spolchemie.cz/>
- [9] Lybar, akciová společnost [online] <http://lybar.eu/>
- [10] STZ, akciová společnost (Setuza) [online] <http://www.stz.cz/>
- [11] Informace o podrobných výškopisných mapách od RNDr. Jana Tesařová, CSc.
- [13] Fuchs P., Vališ D., Chudoba J., Kamenický J., Zajíček J., Bezporuchovost a životnost, techniky analýzy bezporuchovosti. Učební text. Liberec, 2005
- [14] Chudoba J., Hodnocení přesnosti výsledků z metody FMECA [online] <http://www.statapol.cz/request/request2006/prezentace/chudoba.pdf>
- [15] Atlas podnebí Česka, ČHMÚ, Praha a Univerzita Palackého, Olomouc [elektronický atlas] 2007, <http://www.chmi.cz/meteo/ok/atlas/index.html>